

NN31545.1543

1543

mei 1984

INSTITUUT VOOR CULTUURTECHNIEK EN WATERHUISHOUDING  
WAGENINGEN

EEN HYDROLOGISCHE VERKENNING VAN  
DE WATERWINGEBIEDEN IN ZANDGROND

M.v.d. Marel

Nota's van het Instituut zijn in principe interne communicatiemiddelen, dus geen officiële publikaties.

Hun inhoud varieert sterk en kan zowel betrekking hebben op een eenvoudige weergave van cijferreeksen, als op een concluderende discussie van onderzoeksresultaten. In de meeste gevallen zullen de conclusies echter van voorlopige aard zijn omdat het onderzoek nog niet is afgesloten.

Bepaalde nota's komen niet voor verspreiding buiten het Instituut in aanmerking.

CENTRALE LANDBOUWCATALOGUS



0000 0072 0884

25N216620.02

# INHOUD

blz.

1. INHOUD	1
1.1. De werkgroep Nitraatuitspoeling in waterwingebieden	1
1.2. Het onderzoek	3
1.3. De opbouw van dit verslag	3
2. DE INVENTARISATIE	5
2.1. Inleiding	5
2.2. De 1 <sup>e</sup> fase van de inventarisatie	5
2.2.1. De hydrologische gegevens	5
2.2.2. De c-waarde als hydrologisch indelingscriterium	9
2.2.3. De bodemkundige gegevens	10
2.2.4. De bodemgebruiksgegevens	10
2.2.5. Discussie aan de hand van de overzichtstabel	12
2.3. De 2 <sup>e</sup> fase van de inventarisatie	14
3. REKENPROGRAMMA'S TER BEPALING VAN VERLAGINGS-PATRONEN EN VERBLIJFTIJDEN	15
3.1. De theorie van Ernst met betrekking tot grondwaterstroming naar diepe putten	16
3.2. Beschrijving van het programma HYDRO	17
3.2.1. Afleiding van de verblijftijden in aquifer, toplaag en semi-permeabele laag	19
3.3. De karakteristieke tijd van een waterwinning	21
3.4. Overzicht van de waterwingebieden met betrekking tot de karakteristieke tijd	23
3.5. Discussie	25
4. HET REKENPROGRAMMA TER BEPALING VAN VERLAGINGSPATRONEN EN VERBLIJFTIJDEN, REKENINGHOUDEND MET EEN NATUURLIJKE AFSTROMING	27
4.1. De stroombanen in de aquifer	28
4.2. Potentiaalberekeningen in de toplaag en aquifer	28
4.3. De verblijftijden in semi-permeabele laag en toplaag	30
4.4. Enige resultaten, discussie	30
SAMENVATTING	34
LITERATUUR	35
BIJLAGEN (VII)	

## VOORWOORD

Als onderdeel van een doctoraalvak cultuurtechniek heb ik ruim 4 maanden onderzoek kunnen doen in het kader van de Werkgroep Nitraatuitspoeling in Waterwingebieden. Deze nota geeft een verslag van dit onderzoek. De werkzaamheden van bovengenoemde werkgroep zijn nog niet afgerond. Een groot deel van de hydrologische berekeningen die in het kader van de nitraatuitspoelingsproblematiek zijn uitgevoerd kunnen hier reeds worden besproken.

De heren P.E. Rijtema en J.H.A.M. Steenvoorden wil ik hartelijk bedanken voor hun begeleiding. Mede dankzij hen heb ik prettig kunnen werken op het ICW.

Ook de heer H. van Ommen, die mij vanuit de vakgroep Cultuurtechniek zeker de laatste maanden intensief heeft begeleid, wil ik hiervoor bedanken. Hij zal dit onderzoek afronden.

M.v.d. Marel

Wageningen, april 1984



Fig. 1. De ligging van de 170 waterwingebieden op zandgrond

## 1. INLEIDING

### 1.1. De werkgroep Nitraatuitspoeling in waterwingebieden

In het kader van de problematiek van nitraatbelasting van het drinkwater in Nederland is op 9 juni 1983, de werkgroep Nitraatuitspoeling in Waterwingebieden ingesteld. Medio juni 1984 zal in een verslag antwoord worden gegeven op de vragen naar:

- de omvang van het probleem van de nitraatuitspoeling in waterwingebieden, mede in relatie tot de intensiteit van het bodemgebruik;
- de bijdrage die bepaalde landbouwkundige maatregelen kunnen leveren aan de reductie van de nitraatbelasting van het grondwater;
- de gevolgen in landbouwkundige en financiële zin van maatregelen ter beperking van de nitraatuitspoeling;
- de technische uitvoerbaarheid en de kosten van nitraatverwijdering bij waterleidingbedrijven.

Er zijn drie taakgroepen ingesteld die ieder een deel van de bovengenoemde problemen onderzoeken. De in dit verslag behandelde onderwerpen zijn in het kader van Taakgroep I, Bodemgebruik en Nitraatuitspoeling, aan de orde gekomen.

De probleemstelling, motivering en taak van deze taakgroep staan vermeld in het werkplan van Taakgroep I. Het volgende deel is hieruit overgenomen.

#### Werkplan Taakgroep I: 'Bodemgebruik en Nitraatuitspoeling'

1. Probleem en doel: Op grond van de thans beschikbare gegevens moet worden verwacht dat, als gevolg van het intensieve bodemgebruik bij verschillende waterwinplaatsen in de nabije toekomst het nitraatgehalte van het gewonnen ruwwater sterk zal toenemen, waarbij in een aantal gevallen niet meer aan de nitraatnorm voor drinkwater kan worden voldaan.

In verband met het verkrijgen van een inzicht in de omvang van het probleem en van mogelijke effecten van landbouwkundige maatregelen op de nitraatbelasting is het noodzakelijk een schatting van de nitraatbelasting in waterwingebieden te maken, alsmede een schatting van het effect van mogelijke corrigerende maatregelen op deze belasting.

'Het doel van het onderzoek is om uitspraken te doen over alle zandgebieden in Nederland. Het is echter niet mogelijk om gedetailleerde berekeningen uit te voeren voor alle winplaatsen in de zandgebieden, omdat de gegevens hiervoor ontoereikend zijn en het verzamelen hiervan zeer kostbaar en tijdrovend is. Daarom is er voor gekozen om allereerst de relevante bestaande gegevens van alle winplaatsen te inventariseren. Aan de hand van deze inventarisatie wordt vervolgens een selectie van een aantal winplaatsen (ca. 3) gemaakt, waarvoor gedetailleerde berekeningen zullen worden uitgevoerd. Tenslotte zal aan de hand van de berekeningen en de inventarisatie een extrapolatie worden gemaakt om de omvang van de problematiek in de zandgebieden aan te duiden'.

2. Motivering: De problematiek van nitraatuitspoeling in zandgronden wordt veroorzaakt door de grotere gevoeligheid van zandgronden als gevolg van een geringe denitrificatie, het sterk toegenomen gebruik van kunstmeststoffen en overschotten aan dierlijke mest. Bij het huidige bodemvruchtbaarheidsniveau van deze gronden in waterwingebieden zou in verband met de gestelde EEG-norm van  $50 \text{ g.m}^{-3} \text{NO}_3^-$  geen of zeer weinig stikstofbemesting mogen worden toegepast, hetgeen tot aanzienlijke opbrengstreducties zal leiden. Veel van de te nemen maatregelen zullen pas op middellange termijn effect hebben.

### 3. Taak van taakgroep I:

a. Inventarisatie van bestaande gegevens in waterwingebieden betreffende:

- hydrologische gegevens;
- bodemkundige gegevens;
- bodemgebruiksgegevens;
- mestproductie;
- bemesting en gewasopbrengst.

b. Operationeel maken van het model NIMWAG met eventueel gebruik van andere kwantitatieve modellen voor de berekening van de voeding van het watervoerend pakket en de verblijftijden.

- c. Toetsen van het model aan gedetailleerde gegevens van 2 á 3 waterwingebieden.
- d. Selectie van gegevens uit de inventarisatie voor het samenstellen van representatieve gestandaardiseerde waterwingebieden voor wat betreft hydrologische en bodemkundige omstandigheden alsmede ten aanzien van bodemgebruik en bemstingsintensiteit.
- e. Modelberekeningen voor deze gestandaardiseerde waterwingebieden.

## 1.2. Het onderzoek

Het doel van het onderzoek, als 4-maands onderdeel van een 9-maandsvak Cultuurtechniek luidde: Inzicht verkrijgen in- en het toepassen van computerprogramma's ter berekening van verlagingspatronen en verblijftijden van het grondwater. Dit kan plaatsvinden in het kader van de werkzaamheden van Taakgroep I. Bij de start van het onderzoek was de inventarisatie van onder andere de hydrologische gegevens nog niet verricht, zodat de werkzaamheden in eerste instantie waren gericht op het verkrijgen en verwerken van hydrologische -, bodemkundige - en bodemgebruiksgegevens.

Een overzicht van de 170 waterwingebieden met betrekking tot de hydrologische gegevens werd verkregen door het berekenen van een zogenaamde 'karakteristieke tijd' (een gestandaardiseerde verblijftijd van de waterwingebieden). Deze is tot stand gekomen met behulp van het programma HYDRO, het onderdeel van NIMWAG dat verlagingspatronen en verblijftijden berekent.

Tijdens deze werkzaamheden bleek de natuurlijke afstroming bij vele waterwingebieden niet verwaarloosbaar te zijn ten opzichte van de radiale stroming naar het onttrekkingspunt. Daarom werd als laatste deel van dit onderzoek een nieuw programma gemaakt, waarmee de effecten van natuurlijke afstroming op verblijftijden en verlagingspatronen konden worden berekend.

## 1.3. De opbouw van dit verslag

In het eerste gedeelte van dit verslag worden de resultaten van de inventarisatie van de 170 waterwingebieden op de zandgron-

den weergegeven. Met behulp van een rekenprogramma zijn hiervoor de verblijftijden van de neerslag die infiltreert berekend op 200 m. afstand van het puttenveld. De resultaten van dit werk zijn gegeven in Bijlage VI.

In vele waterwingebieden mag de natuurlijke afstroming niet worden verwaarloosd. In het programma dat het laatste deel van dit verslag beslaat, is deze stroming gesuperponeerd op de radiaal veronderstelde, naar de put gerichte, stroming.

Tot slot bevat ieder hoofdstuk een korte discussie van de resultaten.



## 2. DE INVENTARISATIE

### 2.1. Inleiding

De inventarisatie is verricht in twee te onderscheiden fasen. De eerste fase behelst een globaal overzicht van de waterwingebieden. Dit overzicht was reeds in een vroeg stadium van het onderzoek gewenst. De keuze van de 2 à 3 winningen ter toetsing van NIMWAG (zie par. 1.1.) is namelijk hierop gebaseerd.

Het tweede deel van de inventarisatie behelst een verdere uitdieping van het verzamelde materiaal. Een belangrijk onderdeel hiervan vormde het verzamelen van gegevens die in eerste instantie niet beschikbaar waren.

### 2.2. De 1e fase van de inventarisatie

Een keuze van drie representatieve waterwingebieden ter toetsing van NIMWAG kon slechts plaatsvinden met behulp van een overzicht van de aard en het soort winning. In het eerste deel van de inventarisatie is naar dit overzicht toegewerkt. Allereerst is naar drie groepen gegevens gezocht, te weten: hydrologische -, bodemkundige - en bodemgebruiksgegevens. COGROWA (Commissie Grondwaterwet Waterleiding-bedrijven) kon uit haar gegevensbestand de gewenste hydrologische gegevens leveren. Bodemgebruiksgegevens per gemeente werden door het LEI ter beschikking gesteld en bij het ICW verder bewerkt voor de waterwingebieden. Stiboka, verzamelde de grondwatertrapverdelingen per waterwingebied. De gegevens per waterwingebied verzameld, zijn voor een onttrekkingsgebied van  $6 \text{ m}^2/\text{m}^3$  gewonnen water in 1981. In de volgende paragrafen zullen de drie soorten gegevens worden behandeld. Tevens wordt vermeld op welke manier de overzichtstabel tot stand is gekomen.

#### 2.2.1. De hydrologische gegevens

De door COGROWA verzamelde gegevens zullen tot een publikatie worden verwerkt (CATTENSTAART, 1983).

Tabel 1 laat voor een paar waterwingebieden zien hoe de relevante hydrologische gegevens zijn verwerkt. Voor de gehele tabel wordt verwezen naar Bijlage I.

Tabel 1. Een voorbeeld van de verwerkte hydrologische gegevens

Vewin code	Gemeente	Aanvang van de winning	Winning	Omvang winning (m <sup>2</sup> /dag)	Dikte af- dekkend pakket(m)	Dikte wa- tervoerend pakket (m)	C (dag)	RD (m <sup>2</sup> /dag)	ye (dag) <sup>-1</sup>	Soort winning	Aantal putten	KAQ	KSECO
1-1	Haren	1912	Haren	'81 2.33.10 <sup>3</sup>	30	20	1000	20	400	W <sub>F</sub> A <sub>1</sub>	40	71,2	0,03
						56		4000		W <sub>I</sub>			
1-2a	Haren	1881	De Punt	'82 32.60.10 <sup>3</sup>	100			4000	380	W <sub>F</sub>	22	40	-

Een aantal kolommen vraagt nadere toelichting:

#### De Vewin code

De Vereniging Waterleidingbedrijven in Nederland heeft alle waterwinplaatsen een code gegeven. Het eerst geschreven cijfer duidt de streek aan, het tweede cijfer is een volgnummer.

#### De aanvang van de winning

Het is van belang om de aanvang van de winning te weten, omdat de herkomst van het opgepompte water hiermee samenhangt.

#### De omvang van de winning

De omvang van de winning is gegeven voor de jaren 1981 (de huidige capaciteit) en 1995, een toekomstige capaciteit.

#### Aard van de winning

In de geohydrologie kent men globaal drie soorten winningen:

- freatisch;
- semi-confined (winning van water onder een semi-permeabele laag);
- confined (winning van spanningswater).

Deze indeling ligt ten grondslag aan de codes waarmee een winning wordt gekarakteriseerd, met dien verstande dat confined winningen niet zijn onderscheiden. Ieder pakket in een winning wordt benoemd:

$\omega_f$  = freatisch pakket  
 $\omega_n$  = n<sup>de</sup> watervoerend pakket gerekend vanaf het freatisch pakket  
 $A_n$  = n<sup>de</sup> afdekkend pakket (semipremeabele laag) boven  $\omega_n$   
 $\omega_n$  = een watervoerend pakket waaruit water wordt onttrokken  
 (zie ook figuur 2).

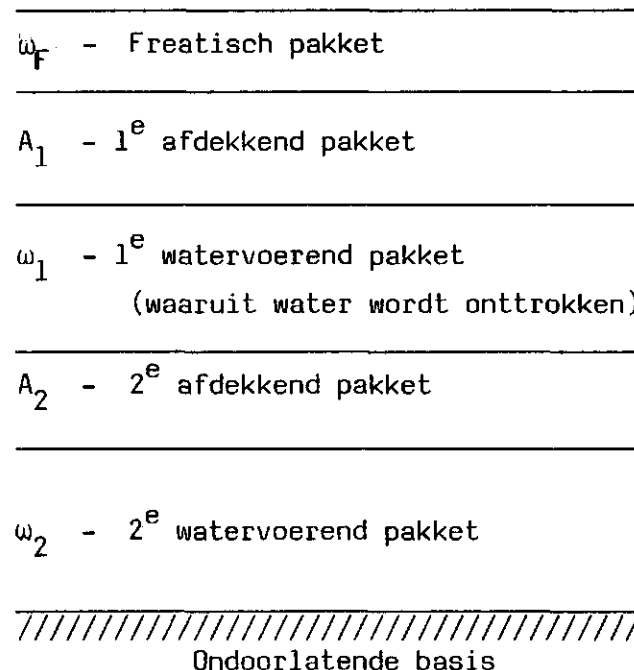


Fig. 2. De karakterisering van een winning door middel van codes

#### c-waarden en KD-waarden

Als maat voor de weerstand van de diverse pakketten is voor een afdekkend pakket de c-waarde (de weerstand  $\frac{D}{K}$ ) en voor een watervoerend pakket de KD-waarde (de transmissiviteit) vermeld. K is de doorlatendheid van een pakket in m/dag en D is de dikte van het desbetreffende pakket in m. In sommige gevallen waren deze gegevens niet bekend en is er een schatting van deze waarden gemaakt. De geschatte waarden zijn in Bijlage 1 met X aangegeven.

#### Schatting van KD-waarden

Van der Molen (1978) geeft de mogelijkheid om k-waarden te schatten met behulp van textuuranalyse van het watervoerende materiaal. Tabel 2 geeft deze waarden.

label 2. Geschatte waarden voor de doorlatendheid K in m/dag voor verschillende bodemtypen

Materiaal	K-waarde (m/dag)
grof zand	15
matig fijn zand	10
middel fijn zand	5
zeer fijn zand	2 - 2,5
lichte zavel	2
kleihoudend zand	4 - 5
slibhoudend zand	5 - 10

Indien de dikte van het watervoerend pakket bekend is, kan de KD-waarde worden geschat.

#### Schatting van de c-waarde

De weerstand van de semi-permeabele laag (c-waarde) is voor een aantal waterwinningen niet bekend. Vaak kan ze worden afgeleid uit de c-waarden van nabijgelegen winningen. In enkele gevallen konden c- en KD-waarden worden bepaald uit de Grondwaterkaarten van de Dienst Grondwaterverkenning te Delft.

#### KAQ en KSECO

Dit zijn de doorlatendheid van het watervoerende pakket (KAQ) en van de semi-permeabele laag (KSECO), waarmee in HYDRO is gerekend.

#### De drainageweerstand $\gamma$

De gebiedsdrainageweerstand is opgebouwd uit twee termen:

- een term verantwoordelijk voor de horizontale stroming;
- een term verantwoordelijk voor de radiale stroming nabij de ontwateringsmiddelen.

ERNST (1978) geeft de formule  $\gamma = \frac{L^2}{8KD} + \omega \cdot L$

waarbij L = afstand tussen sloten (m);

KD = transmissiviteit van het pakket met sloten (m<sup>2</sup>/dag);

$\omega$  = radiale weerstand + intreeweerstand (dag/m);

$\gamma$  = drainageweerstand (dag).

Uit topografische kaarten is per onttrekkingsgebied de slootafstand  $L$  bepaald. De  $KD$ -waarden waren in veel gevallen bekend; soms werd een schatting gemaakt. De intreeweerstand  $\omega$  (FONCK, 1973) is over het algemeen in zandgronden 1 (dag/m). RIJTEMA (1982) geeft voor winningen in Oost-Gelderland kleinere waarden. In dit onderzoek is gerekend met  $\omega = 0,75$  (dag/m).

De drainageweerstand is op bovengenoemde manier niet nauwkeurig te bepalen. Metingen in het veld kunnen de gewenste resultaten opleveren. De gemaakte fout is niet bij elke soort winning gelijk, aangezien de drainageweerstand niet overal een even grote rol speelt. In een aantal berekeningen zullen de  $c$ -waarde en drainageweerstand bij elkaar worden opgeteld. Afhankelijk van de  $c$ -waarde van de semi-permeabele laag zal  $\gamma$  al of niet een belangrijke factor in deze berekeningen zijn. Bij een freatische winning ( $\omega_F$ ) ontbreekt de semi-permeabele laag. De  $c$ -waarde wordt gelijk aan nul gesteld zodat de drainageweerstand een niet te verwaarlozen factor is.

Bij een  $A_1\omega_i$ -winning is de  $KD$ -waarde van de toplaag (semi-permeabele laag) bijzonder klein. RIJSBERGEN (1973) raadt in dit geval het gebruik van de volgende formule aan:

$$\gamma = L^2/12 \text{ KD (dag)}$$

## 2.2.2. De $c$ -waarde als hydrologisch indelingscriterium

Bijlage I bevat hydrologische gegevens per waterwinning. In het streven naar een overzicht van alle waterwingebieden is slechts één hydrologisch gegeven als representatief voor de kwetsbaarheid van een waterwinning genomen (en wel de  $c$ -waarde van de semi-permeabele laag). Het invoeren van meer hydrologische gegevens zou weliswaar de werkelijkheid beter benaderen, echter het zou het overzicht niet ten goede komen. De semi-permeabele laag werd als belangrijkste bescherming van een winplaats gekenmerkt. Tabel 3 geeft deze indeling naar  $c$ -waarde.

Tabel 3. Verdeling van de winplaatsen over de categorieën  $c$ -waarde

$c$ -waarde	Aantal winplaatsen
0 tot 100	58
100 tot 1000	40
> 1000	58

### 2.2.3. De bodemkundige gegevens

StiBoKa heeft per onttrekkingsgebied van een waterwinning de grondwatertrapverdeling bepaald. In de bodemkaarten wordt de volgende grondwatertrappverdeling (GT) aangehouden.

GT	I	II	III	IV	V	VI	VII
GHG	-	-	<40	>40	<40	40-80	>80
GLG	<50	50-80	80-120	80-120	>120	>120	>120

GHG = gemiddelde hoogste grondwaterstand in cm-mv

GLG = gemiddelde laagste grondwaterstand in cm-mv

een \* geeft het beter ontwaterde deel van de GT aan (bijv. in plaats van GHG 0-40 een GHG 20-40).

De GT's zijn ten behoeve van dit onderzoek in groepen onderverdeeld, gelet op de natte of droge profielen (GHG). De volgende groepen zijn gevormd:

Groep	GT
I	I (GT I werd niet gevonden)
II, V*	II, II*, III, III*, V, V*
IV, VI	IV, VI
VII	VII
VII*	VII*

Per onttrekkingsgebied is de oppervlakte met één bepaalde GT-klasse bepaald ten opzichte van de totale oppervlakte van de onttrekking (in procenten). Deze gegevens zijn verwerkt in een tabel, waarbij het aantal waterwingebieden per GT-klasse is gegeven (zie bijlage II).

### 2.2.4. De bodemgebruiksgegevens

De te inventariseren bodemgebruiksgegevens zijn gegevens die betrekking hebben op:

- niet-agrarisch gebruik;
- akkerbouw;
- tuinbouw;
- rundveehouderij;
- veredeling.

De gegevens over het niet-agrarisch gebruik (NA) van een waterwinning zijn geïnventariseerd met behulp van recente topografische kaarten (1:25 000). Per onttrekkingsgebied werd het percentage bos, open water en stedelijk gebied geschat.

Gegevens over het andere (agrarische) bodemgebruik zouden ter plekke moeten worden geïnventariseerd. Dit past niet in het kader van dit onderzoek. Het Landbouw-Economisch Instituut (LEI) stelde de uit mei-tellingen verzamelde resultaten ter beschikking. Per gemeente werden de gewenste gegevens geleverd. Tabel 5 laat een deel van deze gegevens zien.

Tabel 5. Een deel van de door het LEI verzamelde bodemgebruiksgegevens.

Wierplaats Codenummer	Gemeente	StuL- nummer	Aantal bedrijven			Ha cultuurgrond			sbe op hoofdberoepsbedrijven in % van totaal							
			hoofd- beroep	neven- beroep	alle bedr.	hoofd- beroep	neven- beroep	alle bedr.	akker- bouw	tuin- bouw	rund- veeh.	w.v. melk- vee	verede- ling	w.v. var- kens	w.v. pluim- vee	w.v. mest- kalv.
77-3	Halsteren	7820	88	28	116	1392	182	1574	29,0	39,3	26,2	16,8	5,5	2,5	3,0	-
77-4	Woensdrecht	8660	84	16	100	1770	86	1856	33,4	34,1	28,2	15,2	4,3	3,3	1,0	-
77-5	Ossendrecht	8220	62	10	72	1608	40	1647	39,6	34,9	13,2	7,3	12,3	11,4	0,9	-
79-1	Bergen op Zoom	7400	73	27	100	692	59	751	10,2	64,2	18,4	13,5	7,3	6,6	0,6	-

Rundveehouderij								Akkerbouwgewassen % van totaal				
opp. gras- land	opp. snij- mais	opp. voeder- gew.	totaal grasl. + voedergew.	aantal koeien	aantal g.v.e.	aantal koeien per ha	aantal g.v.e. per ha	gra- nen	aard- app.	suiker- bieten	voeder- gew.	overige gew.
509	76	5	591	678	1417	115	240	26	25	23	10	16
495	232	2	729	758	2130	104	292	29	18	20	20	15
184	110	4	299	315	1003	105	336	31	19	22	10	-
262	121	3	385	492	1065	128	276	19	17	16	42	2

Het agrarische bodemgebruik in het onttrekkingsgebied is gelijk gesteld aan het agrarische bodemgebruik in de desbetreffende gemeente. Het relatieve belang van akkerbouw + tuinbouw (AT), rundveehouderij (R) en veredeling (V) is uitgedrukt in procenten van het totaal aantal sbe's op de hoofdberoepsbedrijven.

Aan de hand van de volgende criteria is een overzicht van het bodemgebruik in de waterwingebieden verkregen.

Indeling:

criterium 1: als het niet-agrarische bodemgebruik (NA) groter is dan 50% heeft het gebied code NA.

criterium 2: als het percentage sbe's dat betrekking heeft op veredeling (V) groter is dan 25% heeft het gebied code V.

criterium 3: als het gebied geen van de codes NA of V heeft, krijgt het de code AT (akker- en tuinbouw) of R (rundveehouderij) (de belangrijkste van de twee).

In de bodemgebruikstabel is van de sectoren AT, R en V aangegeven hoeveel procent van de SBE's ze in de gemeente voor hun rekening nemen voorzover het percentage hoger is dan 25%. Tabel 6 geeft het resultaat van deze indeling weer.

Tabel 6. Verdeling van de winplaatsen over de bodemgebruikscriteria

Type	Aantal waterwingebieden
Niet-agrarisch gebruik (NA)	58
Veredeling (V)	45
Akker- + tuinbouw (AT)	20
Rundveehouderij (R)	39
Totaal	162

Een waterwingebied krijgt relatief gemakkelijk de code V (veredeling) omdat een veredelingsbedrijf een groot aantal sbe's heeft bij een geringe bodemoppervlak. Het grote aantal V wingebieden in tabel 6 is hiervan een gevolg. Opvallend is ook het grote aantal gebieden met code NA.

#### 2.2.5. Discussie aan de hand van de overzichtstabel

Voor 127 van de 170 waterwingebieden geeft tabel 7 de resultaten van het 1e deel van de inventarisatie. Van 43 waterwingebieden ontbreken gegevens, zodat ze niet in de tabel konden worden opgenomen.

Bij de indeling in bepaalde klassen is getracht de klassen zodanig te kiezen dat de waterwingebieden gelijkmatig werden verdeeld. Genoemd mag worden, dat de meest kwetsbare winningen (c-waarde 0 tot 1000 en droog) in Na-gebied liggen. Bijlage III geeft de overzichtstabel per wingebied weer.

Op grond van de verzamelde gegevens en het feit dat er op het ICW reeds een veelheid aan gegevens bekend was, werden de winningen: Deurne-Vlierden en Bergh-Galgenbergh geselecteerd als proefgebied voor hydrologische - en waterkwaliteitsberekeningen ter toetsing van NIMWAG.



Tabel 7. Overzicht van de indeling van de waterwingebieden op grond van de voorlopige criteria voor c-waarde van afdekkende pakketten, grondwatertrap (Gt) en bodemgebruik (NA = niet-agrarisch, V = veredeling, R = rundveehouderij, AT = akker- en tuinbouw)

c-waarde	Gt		Bodemgebruik			
			NA	V	R	AT
0- 100 d	nat	4	1	1	1	1
	gemengd	15	5	6	1	3
	droog	28	20	4	2	2
100-1000 d	nat	5	0	3	1	1
	gemengd	15	1	9	3	2
	droog	11	6	2	2	1
> 1000 d	nat	15	4	8	0	3
	gemengd	23	4	5	5	9
	droog	11	5	1	3	2
	Totaal	127	46	39	18	24

Ook Gorssel-Harfsen zal aan de toetsing bijdragen vanwege de grote kwetsbaarheid van deze freatische winning. Een nadere inventarisatie zal met betrekking tot deze winning worden verricht.

Tabel 8. Bodemgebruiks-, hydrologische - en bodemkundige gegevens van de winplaatsen die voor modeltoetsing zullen worden gebruikt

Codennr. winplaats		Gorssel	Deurne	Montferland
		15-8,15-9	88-16	15-14
Grasland	(% v. agrar.)	73	63	67
Snijmais	(% v. agrar.)	20	26	26
Overige voedergew.	(% v. agrar.)	0	0	0
sbe op hoofdberoepsbedrijven:				
akker- en tuinbouw	(%)	12	25	11
rundveehouderij	(%)	65	29	58
veredeling	(%)	23	46	31
N-productie van niet-grondgebonden				
vee per ha cultuurgrond	(kg n)	117	400	172
Onttrekking	(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> jaar <sup>-1</sup> )	0,75	2,9	3,8
c-waarde	(dag)	0-100	400	0-100
bos	(% v.tot.wingeb.)	5	?	25
stad	(% v.tot.wingeb.)	0	?	10
grondwatertrappen (%):				
Gt II tot V* excl. IV		10	40	-
Gt IV en VI		45	15	< 5
Gt VII		40	25	85
Gt VII*		5% bebouw.	<5% bebouw)	(bebouwing + groeve)

Uitgangspunt van het programma NIMWAG is een radiale stroming naar de put toe. In vele gevallen zal een natuurlijke afstroming dit beeld verstoren. In hoofdstuk 4 wordt een programma beschreven waarin deze stroming is verwerkt.

### 2.3. De tweede fase van de inventarisatie

In de tweede periode van de inventarisatie, een periode die nog niet is afgerond, zijn de verzamelde gegevens verbeterd en herzien. Belangrijk is de vervanging van het hydrologisch criterium, de c-waarde van de semi-permeabele laag door de 'karakteristieke tijd' van een waterwinning. Deze berekeningen hebben plaatsgevonden met behulp van het programma HYDRO, een onderdeel van NIMWAG. Hoofdstuk 3 van dit verslag behandelt dit programma en de berekening van de karakteristieke tijd. Een uitbreiding van de bodemgebruiksgegevens door middel van gegevens over de intensiteit van het bodemgebruik, wordt voltooid. Tevens worden de bodemgebruiksgegevens die via het LEI zijn verkregen herzien. StiBoKa completeert de GT gegevens, de overlap tussen de onttrekkingsgebieden van de verschillende winningen en het jaar van opname worden gezien.

### 3. REKENPROGRAMMA'S TER BEPALING VAN VERLAGINGSPATRONEN EN VERBLIJFTIJDEN

Het programma NIMWAG berekent de voeding van het watervoerend pakket en de verblijftijden. De herkomst van dit water en de verblijftijd zijn belangrijke factoren.

Er bestaan verschillende methoden ter berekening van verlagingspatronen (cq potentialen). Een oplossing voor de berekening van grondwaterstromingen waarbij stroomlijnen en verblijftijden worden bepaald, kan worden verkregen door middel van diverse modellen die gebruik maken van de oneindige elementen methode. 'STATRECT', een programma van het RID, een 'eindig elementenmodel' waarvan in dit onderzoek gebruik wordt gemaakt, berekent voor rechthoekige elementen, gegeven randvoorwaarden, de potentiaal-verlagingen in de aquifer. De winplaatsen: Gorssel-Harfsen, Bergh, Galgenberg, van Heek en Deurne- Vlierden zullen door de CoGroWa met deze methode worden doorgerekend ter toetsing van het programma NIMWAG.

#### FLOP

Analytische formules voor 'steady flow towards wells' (BEAR, 1979; HYDROLOGISCH C., 1970) worden in de FLOW Pattern (FLOP) programma's van het Rijks Instituut voor Drinkwatervoorziening (RID) numeriek opgelost. FLOP bevat een groot aantal programma's die confined en semi-confined winningen waarop al dan niet een natuurlijke afstroming wordt gesuperponeerd doorrekenen.

Nadeel van de STATRECT en FLOP programma's is, dat ze geen van beide een verblijftijd in de toplaag van de waterwinning berekenen. In het kader van het onderzoek van de werkgroep 'Nitraatuitspoeling in waterwingebieden' zijn de berekeningen van potentiaalverlagingen en verblijftijden in deze zone juist van belang. In de toplaag treedt namelijk het grootste gedeelte van de nitrificatie en denitrificatie op, een proces dat grote invloed heeft op de  $\text{NO}_3$ -concentratie in het drinkwater. ERNST (1971) geeft analytische oplossingen voor de berekening van potentiaalverlagingen in toplaag, semi-doorlatende laag en aquifer. Voor de hydrologische berekeningen van NIMWAG is dan ook van zijn theorie gebruik gemaakt.

### 3.1. De theorie van Ernst met betrekking tot grondwaterstroming naar diepe putten

Deze theorie berekent de verandering van de potentiaal ten opzichte van een uitgangssituatie voor de onttrekking. Uitgangspunt is een winning uit een pakket onder een afsluitende laag en een toplaag. In deze toplaag wordt verondersteld geen horizontale waterbeweging plaats te vinden over grotere afstanden dan de helft van de afstand tussen twee waterlopen. In de semi-permeabele laag is de waterbeweging globaal vertikaal met intensiteit  $(\varphi - h)/\Lambda$  ( $\varphi$  = potentiaal in aquifer,  $h$  = potentiaal in toplaag (m) en  $\Lambda = H_\Lambda/K_\Lambda$  (dag) is de weerstand in de semi-permeabele laag). De stroming in de aquifer wordt geacht horizontaal te zijn (zie fig. 3).

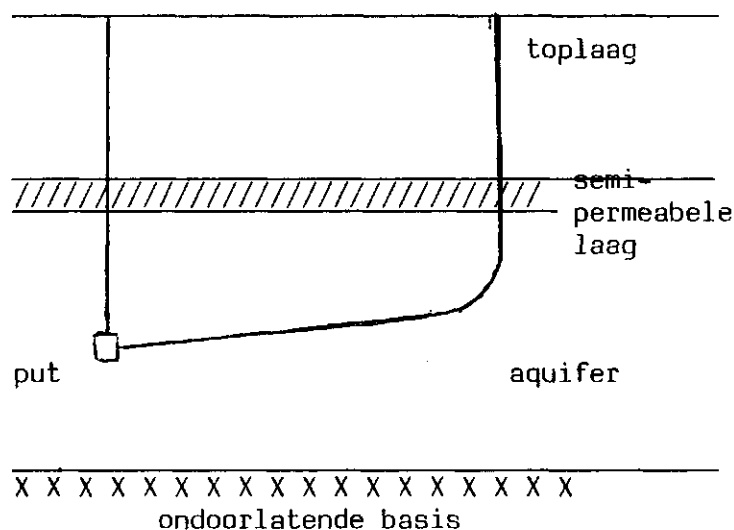


Fig. 3. De stroomlijn van een waterdeeltje, uitgaande van de theorie van Ernst

Uitgaande van een cirkelvormige onttrekking zijn er rondom een winning zones met breedte  $dr$  te onderscheiden. De waarde van  $\frac{\varphi - h}{\Lambda}$  blijkt afhankelijk te zijn van  $(\frac{d\varphi}{dr})$  de afstand tot de put.

Ernst brengt dit naar voren door twee oplossingen voor de potentiaalverlagingen  $\varphi$  en  $h$  te geven. Een in een zone waarin de afvoersloten geen water voeren ( $r < r_1$ ) en een in een gebied hierbuiten ( $r > r_1$ ) zie formules (1) en (2), (14) en (15) in Ernst (1971).

$$h = \frac{\gamma_e}{\gamma_e + \Lambda} \cdot \varphi \quad \text{voor } r > r_1 \quad (1)$$

$$h = \varphi + N^+ \Lambda \quad \text{voor } r < r_1 \quad (2)$$

waarin:  $\gamma_e$  = gebiedsdrainageweerstand (dag)

$N^+$  = neerslag overschot (m/dag)

$r$  = afstand tot de winning waarin de sloten geen afvoerende functie hebben (m)

De hoeveelheid water die de zone met straal 1 bereikt is  $Q(r)$  (zie formules (30), (31) Ernst 1971)

$$Q(r) = 2\pi N^+ \xi r \frac{K_1(r/\xi)}{K_1(r_1/\xi)} \quad \text{voor } r > r_1 \quad (3)$$

$$Q(r) = Q_w - \pi r^2 N^+ \quad \text{voor } r < r_1 \quad (4)$$

waarin  $\xi = \sqrt{kH(\gamma_e + \Lambda)}$  (m) een term met specifieke gegevens van een waterwinning

$Q_w$  = het opgepompte debiet (m<sup>3</sup>/dag)

$K_1$  en  $K_0$  = waarden van de gemodificeerde Besselfunctie van de eerste en nulde orde

De grootte  $Q(r)$  is belangrijk bij de afleiding van formules voor de verblijftijdberekening (zie paragraaf 3.2.1.)

### 3.2. Beschrijving van het programma HYDRO

Het programma HYDRO is een onderdeel van NIMWAG. Het hydrologische deel van de berekeningen wordt in dit programma uitgevoerd. De basis voor de berekening van potentialen in toplaag, semi-permeabele laag en aquifer en van verblijftijden is de theorie van ERNST (zie paragraaf 3.1).

Uitgangspunt voor dit programma is een radiale stroming naar de put. Daardoor bestaat er een relatie tussen een cirkel op afstand  $r$  van de put en de verblijftijd die op elk punt van de cirkel dezelfde waarde heeft. In figuur 4 zijn de uitkomsten van de karakteristieke tijdberekening voor de winning Wageningen-Wageningse Berg weergegeven.

20-7- Wageningen-Wageningse Berg (WFA1W1)

Data: DELTAR /200./, HAQ /33./, HSECO /20./, HTOP /27./, IMAX /4/,  
 JMAX /4/, KAQ /60.6/, KSECO /.006/, PEXC /.0008/  
 PORAQ /.35/, PORSECO /.35/, PORTOP /.35/, RESITOP /1000./,  
 RZERO /5./, QWELL (1) /2190./, QWELL (2) /2190./, QWELL (3)  
 /2190./, QWELL (4) /2190./

With the next line the output for the terminal is put on a file

OPEN (UNIT = 6, TYPE = 'NEW', NAME = 'OUT20A7.DAT')

RONE = 23.

RONE(I)	R(I)	POTAQ(I)	POTTOP(I)	QR(I)	TITOP(I)	TISECO(I)	TIAQ(I)	TITOT(I)
1	5.	-4.53	-1.86	8760.	32.	24.	0.	56.
2	200.	-1.96	-0.45	8737.	57.	42.	0.	100.
3	400.	-1.48	-0.34	8569.	76.	56.	2.	133.
4	600.	-1.21	-0.28	8370	93.	69.	4.	165.

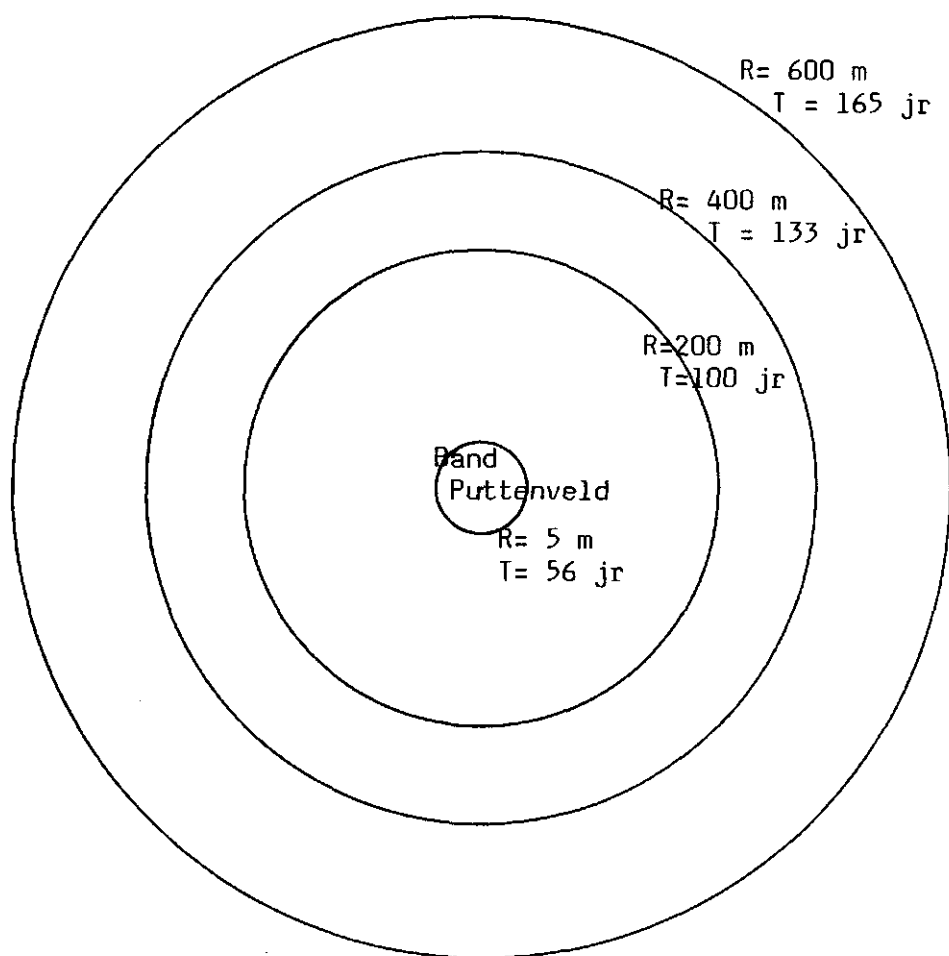


Fig. 4. Uitkomsten karakteristieke tijd berekening voor winning Wageningen-Wageningse Berg

Naar analogie van de theorie van Ernst zijn de berekeningen gesplitst in twee delen. Een deel voor  $r < r_1$  en een deel voor  $r > r_1$ . Belangrijk onderdeel van de berekeningen is de bepaling van  $r_1$ , de grens tussen de zone waarin de sloten geen water afvoeren en het gebied daarbuiten. Formule (5) laat zien dat  $r_1$  niet expliciet te schrijven is.

$$\frac{Q_w}{\pi \xi 2_N^+} = \frac{r_1}{\xi} \left( \frac{r_1}{\xi} + \frac{2 K_1(r_1/\xi)}{K_0(r_1/\xi)} \right) \quad (5)$$

In HYDRO wordt  $r_1$  dan ook bepaald uit een interpolatie tussen

$$\frac{Q_w}{\pi \xi 2_N^+} \text{ en } \frac{r_1}{\xi} \left( \frac{r_1}{\xi} + \frac{2 K_1(r_1/\xi)}{K_0(r_1/\xi)} \right)$$

Achtereenvolgens worden in HYDRO de potentialen in top laag en aquifer berekend afhankelijk van  $r$  (binnen of buiten  $r_1$ ). Gebruik wordt gemaakt van formules (1) en (2). De verblijftijden in de aquifer TAQ, de semie-permeabele laag TSECO en in de top laag TTOP worden in de volgende paragraaf afgeleid.

### 3.2.1. Afleiding van de verblijftijden in aquifer, top laag en semi-permeabele laag

Uitgangspunt is:

- geen natuurlijke afstroming in het onttrekkingsgebied van de put;
- geen potentiaalverschil over de slecht doorlatende laag.

Allereerst wordt de verblijftijd in de aquifer afgeleid. De werkelijke snelheid  $U$  van het water in de aquifer op afstand  $r$  van de put is gelijk aan:

$$U = \frac{Q(r)}{2\pi r \xi H} \quad (6)$$

De verblijftijd van  $r = r$  tot  $r_0$  (aan de rand van het puttenveld), waarbij geldt dat  $r \leq r_1$

$$T = \int_r^{r_0} \frac{dr}{U}$$

$$T = \int_r^{r_0} \frac{2\pi r \xi H}{Q(r)} dr \xrightarrow{\text{vgl (4)}} T = \int_r^{r_0} \frac{\pi \epsilon H dr}{Q(r)}^2$$

$$T = \int_r^{r_0} \frac{H\pi e dr^2}{(Qd\omega \cdot \pi r^2 N^+)} \quad T = \left[ \frac{\epsilon H}{N^+} \ln (Qd\omega \cdot \pi r^2 N^+) \right] \int_r^{r_0} = \frac{\epsilon \cdot H}{N^+} \ln \left( \frac{Qd\omega \cdot \pi r_0^2 N^+}{Qd\omega \cdot \pi r^2 N^+} \right) \quad (7)$$

En voor  $r > r_1$ :

$$T = \int_r^{r_1} \frac{2\pi r \epsilon H dr}{Q(r)} \quad \xrightarrow{\text{vgl (3)}}$$

$$T = \int_r^{r_1} \frac{2\pi r \epsilon H}{2\pi r^2 N^+ \xi} \cdot \frac{K_0(r_1/\xi)}{K_1(r/\xi)} dr \quad (8)$$

$$T = \frac{\epsilon H}{N^+ \xi} K_0(r_1/\xi) \cdot \int_r^{r_1} \frac{1}{K_1(r/\xi)} dr$$

In HYDRO wordt de integraal uit formule (8) berekend met een stapsgewijze benadering.

De verblijftijd in de semi-permeabele laag is afhankelijk van de potentiaal in toplaag  $h(r)$  en aquifer  $\phi(r)$ . De flux is voor  $r \leq r_1$ .

$$\text{flux} = N^+$$

hoeveelheid vocht in de semipermeabele laag is  $\epsilon \cdot H$

$$T = \frac{\epsilon \cdot H}{N^+} \quad (9)$$

Als  $r > r_1$

$$Q(r) = \frac{-K_0(r/\xi)}{K_0(r_1/\xi)} \cdot N^+ (\gamma_e + A)$$

$$\text{flux} = \frac{-Q(r)}{(\gamma_e + A)}$$

combinatie van  $Q(r)$  met (1)

$$\text{flux} = \frac{K_0(r/\xi)}{K_0(r_1/\xi)} N^+$$



$$T = \epsilon \cdot H \frac{K_0(r_1/\xi)}{K_0(r/\xi) \cdot N^+} \quad (10)$$

Op de grens van de semi-permeabele laag en toplaag wordt continuïteit van flux verondersteld. Voor de toplaag geldt:

Als  $r < r_1$

$$\text{flux} = N^+ \quad T = \frac{\epsilon H}{N^+}$$

Als  $r > r_1$

$$\text{flux} = \frac{K_0(r/\xi) \cdot N^+}{K_0(r_1/\xi)} \quad T = \frac{\epsilon \cdot H \cdot K_0(r_1/\xi)}{N^+ K_0(r/\xi)}$$

Bijlage IV geeft een listing van het programma HYDRO, op belangrijke punten is een verklarende tekst aangebracht.

### 3.3. De karakteristieke tijd van een waterwinning

De karakteristieke tijd van een waterwinning is de verblijftijd van neerslag die infiltreert op 200 m afstand van de rand van het puttenveld van de waterwinning. Deze grootte is, zoals vermeld in paragraaf 2.3, ingevoerd ter karakterisering van de 170 waterwingebieden in het zandgebied. Hydrologische grootheden als het opgepompte debiet, dikte van de diverse pakketten en doorlatendheden hiervan worden daardoor als een hydrologische karakteristiek in een getal gevat. De afstand tot het midden van het puttenveld is overigens vrij willekeurig op 200 m gesteld.

De aard van de winning

Het programma HYDRO legde enige beperkingen op aan het soort winningen dat kan worden doorgerekend. Oorspronkelijk was het slechts ontworpen voor winningen waar Ernst zijn theorie op baseerde, namelijk winningen met toplaag, semi-permeabele laag en aquifer.

Freatische winningen worden toch doorgerekend waarbij de dikte van de top- en semi-permeabele laag gelijk aan nul worden gesteld. Ook winningen onder een afdekkend pakket worden met behulp van dit programma doorgerekend. De toplaag wordt hierbij gelijk gesteld aan nul.

Soms wordt water gewonnen uit een tweede of derde watervoerend pakket. De enige manier om de karakteristieke tijd van deze winningen te berekenen was: alle tussenliggende watervoerende pakketten en semi-permeabele lagen sommeren tot een toplaag respectievelijk semi-permeabele laag. Die lagen hebben een gesommeerde dikte en een gesommeerde  $K$ - respectievelijk  $c$ -waarde. Afhankelijk van de toplaag werden ze als 'oorspronkelijke Ernst winning' of als 'winning onder een afdekkend pakket' doorgerekend.

De winplaatsen waarin water uit meer dan een aquifer wordt opgepompt, konden niet als zodanig worden doorgerekend. Bij deze winningen wordt de semi-permeabele laag onder het bovenste watervoerende pakket waaruit wordt gewonnen, als ondoorlatende basis beschouwd. Er is dan dus gerekend aan een winning met een aquifer. In tabel 1, bijlage I wordt het onderliggende watervoerende pakket waaruit ook wordt gewonnen tussen haakjes vermeld.

#### Probleem

De berekening van winningen onder een afdekkend pakket gaf problemen. Door het ontbreken van een toplaag zou de drainageweerstand in de semi-doorlatende laag moeten worden berekend met behulp van de lage  $KD$ -waarden van deze laag. Dit geeft een hoge drainageweerstand en samen met de hoge weerstand van het afdekkend pakket geeft dit extreem hoge  $\xi$ -waarden. ( $\xi$  is gelijk aan  $\sqrt{K_0 H \cdot (\Lambda + \gamma_e)}$ ).

Bij de bepaling van de Besselfuncties op de grenswaarde  $r_1$  (BIRONE en BORONE) geven deze hoge  $\xi$ -waarden problemen. Het blijkt dat de tabellen met de waarden van de Besselfuncties niet klein genoeg zijn. De tabel zou tot argument  $10^{-40}$  moeten worden uitgebreid om een gewenste besselwaarde te verkrijgen. Technisch is dit onmogelijk, in deze orde van grootte geeft de programmatuur aan dat de gewenste nauwkeurigheid niet te handhaven is. Zoals al eerder in paragraaf 2.2.1. aangeduid, zijn de drainageweerstanden niet nauwkeurig te berekenen. De bases voor deze berekeningen zijn van topografische kaarten geschatte slootafstanden en geschatte radiaalweerstanden.

#### Oplossing

In het geval dat de besselwaarden in verband met technische problemen niet klein genoeg zijn aan te maken, zal moeten worden gewerkt

met de kleinste waarde die te vinden is, namelijk bij argument  $10^{-30}$ . De fout die zodoende wordt ingevoerd, een BORONE-waarde die nauwkeurig is, heeft een weerslag op de berekening van het debiet dat op straal  $r$  binnenstroomt  $QR(i)$ . Een  $\xi$ -waarde en BORONE worden hier op elkaar gedeeld terwijl ze niet mer elkaar in overeenstemming zijn. Dit gaf bij berekeningen  $QR(i)$ -waarden die groter waren dan het totale opgepompte debiet.

In paragraaf 2.2.1. bleek al dat de drainageweerstand slechts onnauwkeurig kan worden berekend. Er is dan ook gekozen om XIL en  $QR(i)$  waarden op elkaar af te stemmen door middel van wijzigen van de drainageweerstand. Bij berekeningen blijken de  $QR(i)$  waarden aanvaardbaar dicht bij de gegeven  $Q$ -waarden te komen. Wijziging van  $\gamma_e$  heeft ook invloed op de potentiaalberekeningen. Dit wordt geacht aanvaardbaar te zijn. Vandaar ook dat er in HYDRO de volgende regels te vinden zijn:

```
IF (FUNB. L.T. 0,0289) THEN
  FUNB = 0,0289
  XIL =  $\sqrt{Q/FUNB * PI * PEXC}$ 
  RESITOP = XIL ** 2 / (KAQ * HAQ) - RESICO
```

waarbij:

FUNB = de BORONE-waarde  
 XIL =  $\xi$   
 RESITOP =  $\gamma_e$ , drainageweerstand  
 RESICO =  $\Lambda$ , c-waarde van de semi permeabele laag  
 0,0289 = de kleinste waarde voor BORONE

### 3.4. Overzicht van de waterwingebieden met betrekking tot de karakteristieke tijd

Tabel 9 geeft een overzicht van het aantal waterwinplaatsen met een bepaalde karakteristieke tijd.

Opvallend is het grote aantal van waterwingebieden dat een lage karakteristieke tijd heeft ( $< 5$ ). Dit zijn voornamelijk de freatische winningen. Uit tabel 10 is af te lezen dat deze winningen gemiddeld een karakteristieke tijd van 1,75 jaar hebben. De zeer diepe winningen, onder meerdere pakketten, hebben een zeer hoge karakteristieke tijd.

Tabel 9. Indeling van de waterwingebieden op grond van de karakteristieke tijd

Karakteristieke tijd (jaar)	Aantal winplaatsen
0 tot 2	41
2 tot 5	24
5 tot 10	6
10 tot 20	3
20 tot 30	6
30 tot 40	3
40 tot 50	9
50 tot 75	10
75 tot 100	11
100 tot 500	43
500 tot 1000	4

Tabel 10. Overzicht van de karakteristieke tijden per soort winning

Soort winning	Aantal	Gemiddelde karakteristieke tijd (jr)
$\omega_F$	70	1,75
$\omega_F A_1 \omega_1$	55	190,65
$\omega_F \dots A_2 \omega_2$	9	448,1
$A_1 \omega_1$	27	256,9
$A_1 \dots \omega_2$	9	446,2

Figuur 5 geeft de karakteristieke tijd cumulatief met het aantal winningen weer. De grote sprong bij de lage en hoge karakteristieke tijden komt duidelijk naar voren.

In figuur 6 wordt de karakteristieke tijd van de waterwinningen uitgezet tegen het  $\text{NO}_3^-$ -gehalte van het zuivere drinkwater per winning. Een duidelijk verband komt uit deze figuur niet naar voren. Bijlage VI geeft per waterwinning de berekende karakteristieke tijd.

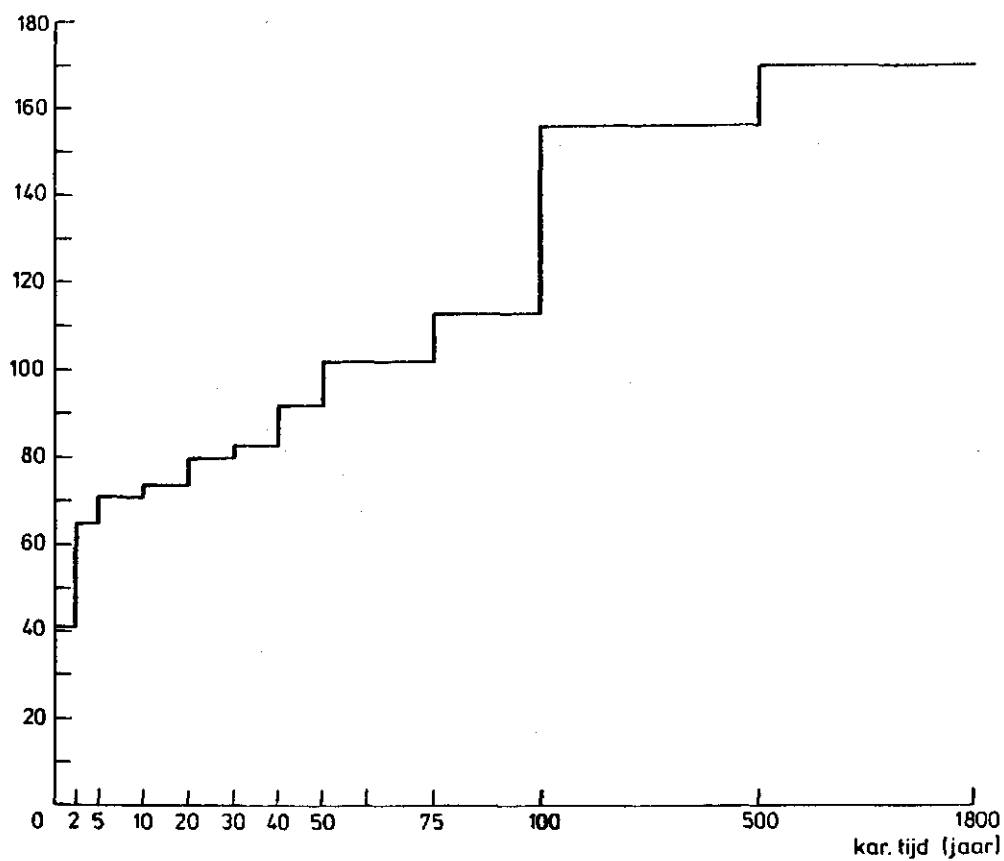


Fig. 5.

[NO<sub>3</sub><sup>-</sup>] in rein drink-  
water (1981) (mg·l<sup>-1</sup>)

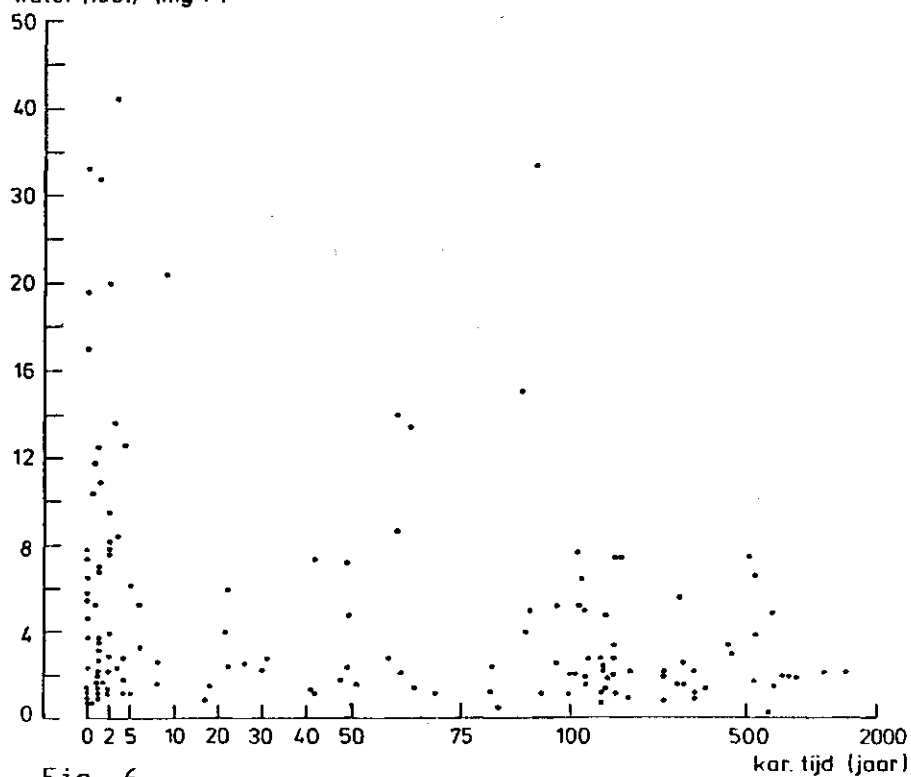


Fig. 6.

### 3.5. Discussie

Tabel 11 duidt de samenhang aan tussen bodemgebruik,  $\text{NO}_3^-$ -gehalte van het reine drinkwater, jaar van aanvang van de winning en de karakteristieke tijd van een winning. De karakteristieke tijd wordt gegeven in jaar, het  $\text{NO}_3^-$ -gehalte in mg/l. Voor de codering van het bodemgebruik wordt verwezen naar paragraaf 2.1.3.

Tabel 11. Samenvatting van de gegevens over waterwingebieden met meer dan 10 mg/l  $\text{NO}_3^-$  in het reine water

Code	Gemeente	Naam	Type	Aanvang	Karakteristieke tijd	Bodemgebruik	Gehalte $\text{NO}_3^-$ mg/l	Debiet (1981) 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /jr
9-1	Havelte	Meppel	$A_1\omega_1$	1894	89	R	15	2,7
9-1 <sup>a</sup>	Havelte	Havelterberg	$\omega_F A_1\omega_1$	1907	18	R	15	
9-10	Holten	Holten	$\omega_F$	1956	3	V	12	2,2
9-20	Markelo	Herikerberg	$\omega_F$	1958	1	V	10	3,9
15-5	Ruurlo	Ruurlo	$\omega_F$	1955	2	V	20	0,7
15-6	Lochem	Lochem	$\omega_F$	1925	0	V	20	2,5
15-14	Berg	Galgenberg	$\omega_F$	1961	0	V	33	3,1
11-1	Rheden	Dieren, Ellecom	$\omega_F$	1951	1	R	13	4,2
17-8	Putten	Putten	$\omega_F$	1959	3	NA	14	4,0
18-2	Nijmegen	Heumensoord	$\omega_F$	1971	0	NA	17	8,3
20-3	Apeldoorn	Hoenderloo	$\omega_F$	1947	9	NA	21	0,9
23-1	Renkum	Heelsum	$\omega_F$	?	1	NA	32	0,15
25-2	Amersfoort	Berg	$\omega_F A_1\omega_1$	1955	1	NA	11	0,9
27-1	Doorn	Doorn	$\omega_F A_1\omega_1$	1903	59	NA	14	0,8
29-12	Zeist	Zeist	$\omega_F A_1\omega_1$	1896	63	NA	13	3,7
94-2	Mook	Plasmolen	$A_1\omega_1$	1966	120	NA	34	0,9
94-16	Beesel	Reuven	$\omega_F$	1952	3	R	41	0,8

Bij het bezien van tabel 11 komt geen eenduidig beeld naar voren. Berekeningen met behulp van NIMWAG zullen duidelijk maken hoe groot de invloed van de in deze tabel genoemde factoren is op de nitraatgehalten van het opgepompte grondwater.

#### 4. HET REKENPROGRAMMA TER BEPALING VAN VERLAGINGSPATRONEN EN VERBLIJFTIJDEN, REKENINGHOUDEND MET EEN NATUURLIJKE AFSTROMING

De natuurlijke afstroming van een gebied is niet bij alle waterwingebieden verwaarloosbaar ten opzichte van de radiale stroming naar de pompput. Het model van HYDRO met een radiale stroming naar de put zou op deze winningen niet meer van toepassing zijn. Door aanpassing van HYDRO kan de basisstroming op de radiale stroming worden gesuperponeerd. Deze wijze van modelleren is analoog aan de methode die wordt toegepast in de FLOP-programmatuur van het RID.

In de berekening wordt een waterdeeltje in de tijd gevolgd. Op het tijdstip  $t=0$  wordt het deeltje dat aanwezig is, beschouwd in het beginpunt van de stroombaan. Dit beginpunt wordt gekozen op kleine afstand van de onttrekking. Voor de oplossing van het simultane stelsel van gewone differentiaalvergelijkingen (die de snelheid in x- en y-richting beschrijven) wordt gebruik gemaakt van stapSGEWIJZE INTEGRATIE. Met deze methode wordt de positie van het waterdeeltje berekend, na een zekere tijdstap. Hierbij is elke berekende positie het uitgangspunt voor de verplaatsing in de volgende tijdstap. Tijdens de berekening wordt een deeltje in de tijd gevolgd, de afgelegde weg stelt in dit geval een stroomlijn voor (Akker, 1981).

Een essentieel verschil met HYDRO is, dat niet meer de verblijftijd wordt berekend maar een stroomlijn, gegeven een verblijftijd.

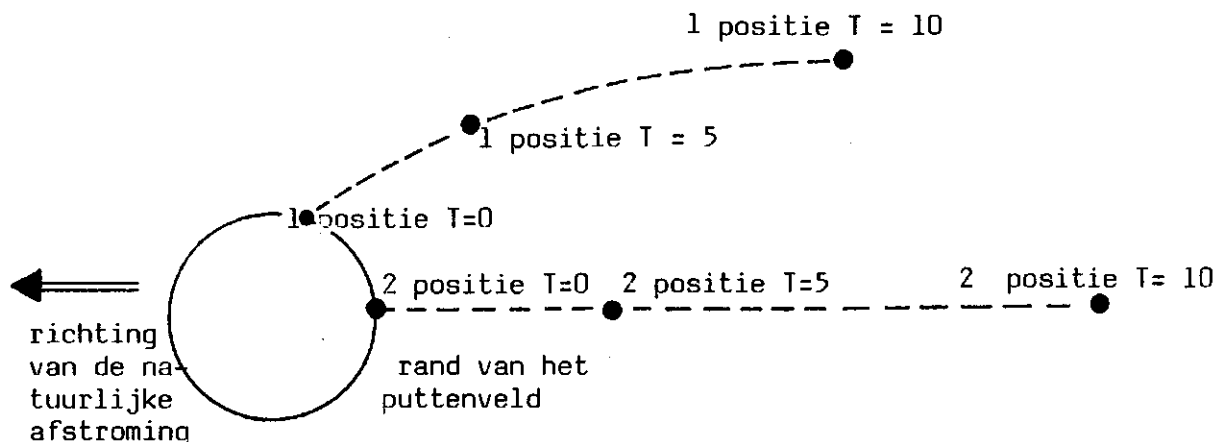


Fig. 7. De stroomlijnen van waterdeeltjes 1 en 2

Figuur 7 geeft de stroomlijnen van 2 waterdeeltjes weer zoals ze met het programma NIMVNAT (het programma waarin op het model van HYDRO de natuurlijke basisstroming is gesuperponeerd) berekend zouden zijn. De gestippelde lijn geeft de stroomlijn van de deeltjes weer; voor de verblijftijden 0, 5 en 10 jaar is de positie van de deeltjes bepaald.

Concreet zijn de formules voor stroomlijnenberekening in de aquifer, formules voor de radiale stroming samen met een natuurlijke afstroming. De afleiding van deze formules volgt in paragraaf 4.1.

#### 4.1. De stroomlijnen in de aquifer

De positie van een deeltje wordt gevonden door integratie van de snelheid  $v$  van het deeltje voor een bepaalde afstand  $r$ . Het deeltje wordt gevolgd in een stroming tegengesteld aan die naar de put toe.

$$v(r) = \frac{Q(r)}{2\pi r \epsilon H} \quad (11)$$

combinatie met (3) respectievelijk (4) uit paragraaf 3.1

$$v(r) = \frac{2\pi N^+ \xi r K_1(r/\xi)}{2\pi r \epsilon K_0(r_1/\xi)} = \frac{N^+ \xi K_1(r/\xi)}{\epsilon H K_0(r_1/\xi)} \quad r > r_1 \quad (12)$$

$$v(r) = \frac{Qd\omega}{2\pi r \epsilon H} - \frac{\pi r^2 N^+}{2\pi r \epsilon H} = \frac{Qd\omega}{2\pi r \epsilon H} - \frac{N^+ r}{2\epsilon H} \quad r < r_1 \quad (13)$$

$v(r)$  wordt gesplitst in  $v_x$  en  $v_y$ , de natuurlijke basisstroming in  $x$  en/of  $y$  richting wordt hierbij gevoegd. Integratie van  $v_x$  en  $v_y$ , met als randvoorwaarde  $T = 0$  en  $T =$  de verblijftijd, geeft de positie van het waterdeeltje. De positie van het deeltje wordt omgerekend in een straal  $r$  ten opzichte van de rand van het puttenveld.

#### 4.2. De potentiaalverlagingsberekeningen in de toplaag en aquifer

De positie van het waterdeeltje in de aquifer is bepaald door tegen de stroom in, de stroomlijn te bepalen. Met behulp van de berekende straal  $r$  wordt, gerekend vanaf het maaiveld, de potentiaal in de toplaag berekend, zie fig. 8.



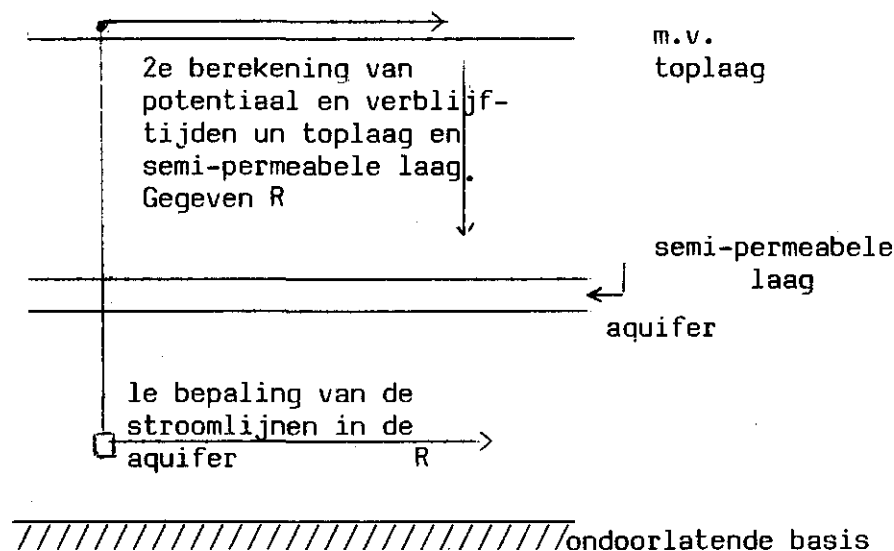


Fig. 8. De berekening van stroomlijnen

De potentiaal in de topplaag wordt met behulp van dezelfde formules berekend als die in het programma HYDRO, zie paragraaf 3.2.

Tengevolge van een natuurlijke afstroming zullen in aquifer en topplaag echter extra potentiaalverlagingen optreden.

Ten gevolge van verschillende snelheden en richtingen van de natuurlijke afstroming in topplaag en aquifer zullen de potentialen in deze beide lagen niet gelijk zijn. De stijghoogten, zoals aangegeven in de kaarten van DGV, zijn als uitgangspunt van de berekeningen genomen.

De afleiding van de potentiaalverandering ten gevolge van de natuurlijke afstroming is:

$$\left. \begin{aligned} Q_x &= -KD \frac{dh}{dx} \\ v_x &= \frac{Q_x}{\epsilon D} \end{aligned} \right\} \quad v_x = \frac{-K}{\epsilon} \frac{dh}{dx} \longrightarrow \quad v_x = \frac{-K}{\epsilon} \frac{d\phi}{dx}$$

(De natuurlijke stroming wordt geacht evenwijdig met de x-as te zijn)

$$\text{of } U_x = \frac{-K}{\epsilon} \frac{\Delta\phi}{\Delta x} \longrightarrow \quad \Delta\phi = \frac{-\epsilon}{K} \cdot v_x \cdot \Delta x$$

waarbij  $\phi$  de potentiaal in topplaag of aquifer is.

De verblijftijdberekening verandert ten gevolge van deze extra potentiaalverlagingen. De verblijftijd in de aquifer, die is gegeven, wordt uiteraard niet beïnvloed.

#### 4.3. De verblijftijd in semi-permeabele laag en toplaag

De verblijftijd in semi-permeabele laag:

In paragraaf 3.2.1. is reeds vermeld dat de verblijftijd in de semi-permeabele laag afhankelijk is van het potentiaalverschil tussen toplaag en aquifer.

$$\left. \begin{aligned} \mu &= \frac{K}{\epsilon} \cdot \frac{\Delta_{\text{pot}}}{H} \\ C &= \frac{K}{H} \end{aligned} \right\} \mu = \frac{\Delta_{\text{pot}}}{\epsilon \cdot C}$$

De verblijftijd is  $\frac{H}{v} \longrightarrow \frac{H\epsilon C}{\Delta_{\text{pot}}}$  ofwel

$$T = H \cdot \epsilon \cdot \frac{K_{\Lambda}}{H_{\Lambda}} / (h - \varphi)$$

De verblijftijd in de toplaag:

Aan het maaiveld geldt: flux = het neerslagoverschot (N) (m/dag).

Vlak boven de halfdoorlatende laag is de flux, door de veronderstelde continuïteit, gelijk aan de flux in de semi-permeabele laag :

$$\text{flux} = \frac{\Delta_{\text{pot}}}{C}$$

Het verschil tussen de beide fluxen wordt via oppervlakedrainage afgevoerd. De gemiddelde snelheid wordt verondersteld te zijn:

$$\left( \frac{N + \Delta_{\text{pot}}}{2C \cdot \epsilon} \right)$$

De gemiddelde verblijftijd in de toplaag is:

$$T = \frac{2 \cdot H \cdot \frac{K_{\Lambda}}{H_{\Lambda}} \cdot \epsilon}{N \cdot \frac{K_{\Lambda}}{H_{\Lambda}} + (h - \varphi)}$$

Bijlage V geeft een listing van het programma NIMWAT, waarin de in dit hoofdstuk behandelde theorie is verwerkt.

#### 4.4. Enige resultaten, discussie

Er zijn berekeningen uitgevoerd waarin de gegevens van de waterwinning Zuidwolde-Oosterweg zijn verwerkt. Deze berekeningen tonen de

beperkingen van het programma. Zuidwolde is een gecompliceerde winning. Er is hier sprake van een typische 'Ernst-winning', met top laag, semi-permeabele laag en aquifer. In de aquifer is een natuurlijke afstroming van 1 cm/dag gevonden. Deze stroming komt uit oostelijke richting en is evenwijdig aan de x-as gesteld. In de top laag is een veel grotere stroming van 4 cm/dag gevonden. Deze stroming maakt een hoek van  $20^0$  met de x-as. Ten gevolge van de verschillende stroomsnelheden in top laag en aquifer ontstaat in het gebied waar de sloten droog staan, een van plaats tot plaats verschillende flux. Aangenomen is, dat de flux wel constant is. Fig. 10 geeft 4 stroomlijnen die zijn verkregen door berekeningen waarin alleen een VAQ van 1 cm/dag is opgenomen.

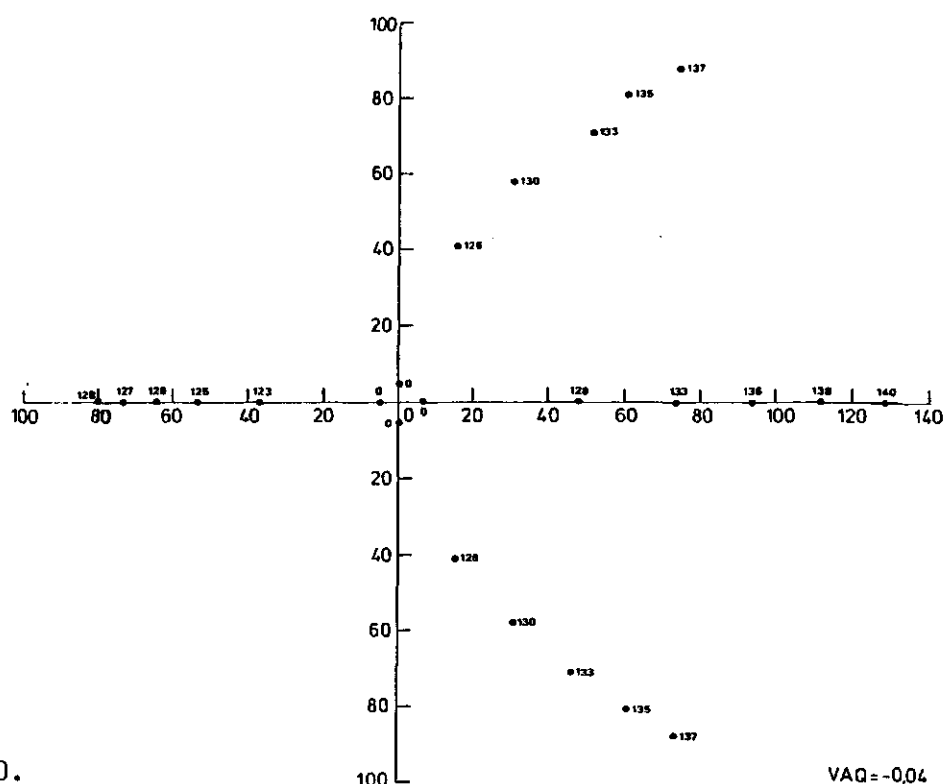


fig. 10.

Figuur 11 geeft 4 stroomlijnen verkregen door een berekening met alleen een  $v_{TOP}$  van 4 cm/dag. Beide figuren geven een fictief beeld. Figuur 12 geeft de werkelijke situatie weer.

Figuur 10, 11 en 12 nader bekenen:

Als in figuur 10 punten met gelijke verblijftijd onderling worden verbonden, ontstaat een ellipsvormige figuur. Aan de westzijde komen de verschillende ellipsen steeds dichter bij elkaar. Hier wordt een om-

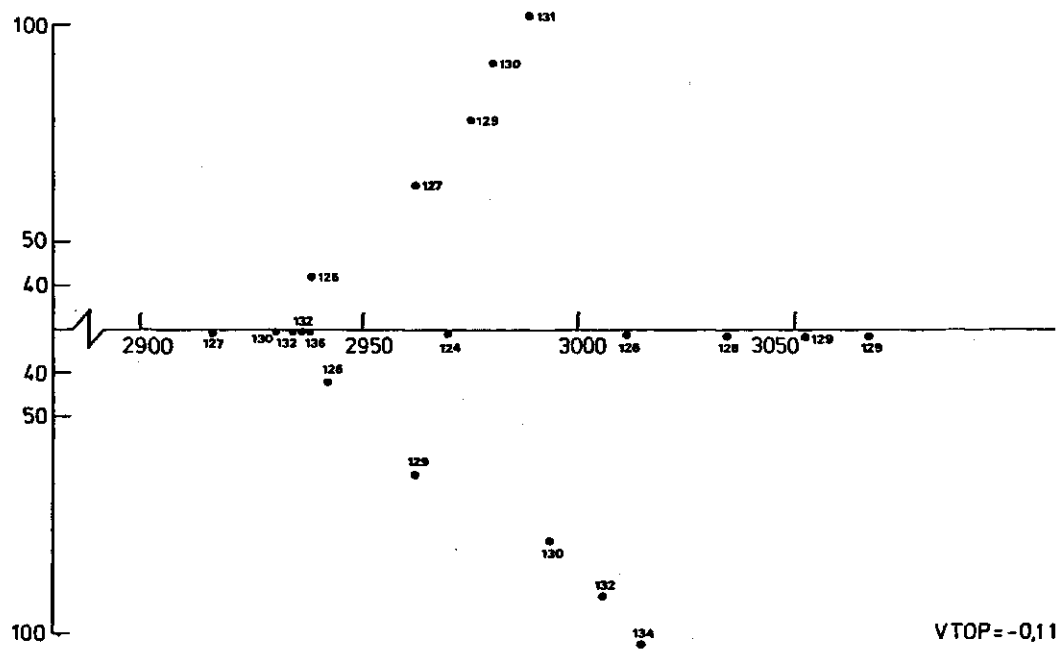


fig. 11.

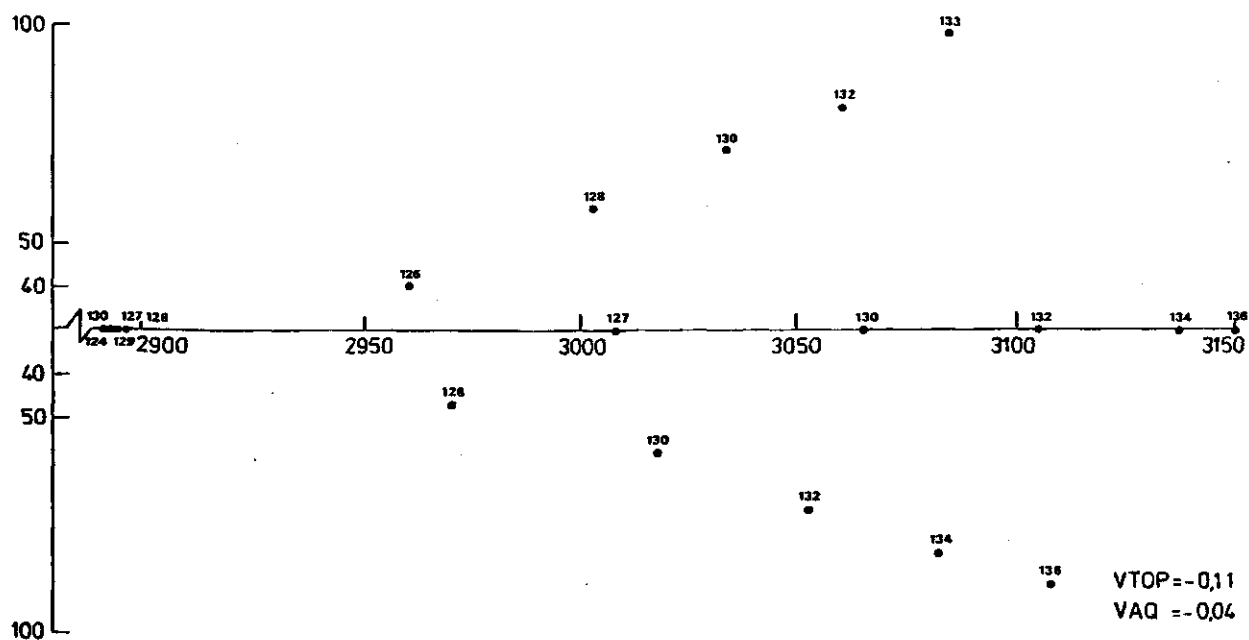


Fig. 12.

slagpunt genaderd; het water ten westen van dit punt zal niet worden opgepompt. Figuur 11 ligt 3 km stroomopwaarts van de put, 4 cm per dag is ook wel een sterke stroming. De kromme stroomlijn in figuur 12, op 2900 m, heeft deze vorm door de nadering van het stagnatiepunt.

Samengevat blijkt uit bovengenoemde figuren dat in extreme gevallen vervuiling op zeer grote afstand van de put een meer wezenlijke invloed kan hebben op het opgepompte water dan een vervuiling dichterbij.

Bijlage VII geeft de gegevens weer die in figuur 10, 11 en 12 zijn verwerkt.

## SAMENVATTING

In het kader van de werkgroep Nitraatuitspoeling in waterwingebieden zijn als onderdeel van het onderzoek van Taakgroep I de volgende werkzaamheden verricht:

- een inventarisatie van hydrologische -, bodemkundige - en bodemgebruiksgegevens van waterwingebieden in zandgrond;
- hydrologische berekeningen ter bepaling van verblijftijden.

De inventarisatie had tot doel het verkrijgen van een overzicht van de 170 waterwingebieden op zandgrond. Criteria waren de c-waarde van het afdekkend pakket (hydrologisch), de grondwatertrap in het onttrekkingsgebied (bodemkundig) en het bodemgebruik in de desbetreffende gemeente en het onttrekkingsgebied. Met behulp van dit overzicht is een aantal waterwingebieden uitgekozen waarmee hydrologische berekeningen zijn uitgevoerd.

Er zijn 2 soorten hydrologische berekeningen uitgevoerd. De karakteristieke tijd van een waterwinning (d.i. de verblijftijd van neerslag die infiltreert op 200 m afstand van de rand van het puttenveld van de waterwinning) is bepaald voor alle 170 waterwingebieden in zandgrond. De karakteristieke tijd is ingevoerd ter vervanging van de c-waarde als hydrologisch criterium. Het computerprogramma waarmee deze berekeningen werden uitgevoerd had als uitgangspunt een radiale stroming in een aquifer naar de put. De aquifer wordt van het bovenste pakket gescheiden door een semi-permeabele laag. Aangezien de natuurlijke afstroming in vele waterwingebieden niet verwaarloosbaar is, werd een computerprogramma ontworpen waarin deze stroming op de radiale stroming naar de put werd gesuperponeerd. Deze tweede soort berekeningen zullen op een geselecteerd aantal waterwingebieden worden toegepast.

## GERAADPLEEGDE LITERATUUR

- AKKER, C. VAN DEN, et.al., 1981. Handleiding bij het gebruik van het computerprogramma FLOP. Werkgroep Hydrologie van Persput-systemen van KIWA.
- BEAR, J., 1979. Hydraulics of groundwater, New York. Oct. McGraw Hill International Books Company.
- CATTENSTART, G.C., 1983. Geohydrologische inventarisatie van waterwingebieden. Afdeling Grondwaterbeheer, Landinrichtingsdienst, Utrecht.
- ERNST, L.F., 1971. Analysis of groundwater flow to deep wells in areas with a non-linear function for the subsurface drainage. ICW, Techn. Bull. 75. Wageningen.
- , 1978. Drainage of undulating sandy soils with high groundwater tables. ICW. Techn. Bull. Wageningen.
- FONCK, H., 1973. Een onderzoek naar de grootte van infiltratie vanuit watervoerende leidingen in het waterschap Salland. ICW, Nota 731. Wageningen.
- HYDROLOGISCH COLLEQUIUM, 1970. Permanente Grondwaterstroming naar putten. Vereniging van Exploitanten van Waterleidingbedrijven in Nederland, Rijswijk.
- MOLEN, W.H. VAN DER, 1978. Agrohydrologie (herziene uitgave), Hoofdstuk V. Landbouwhogeschool, Wageningen.
- RIJSBERGEN, D. VAN, 1972. Methode ter berekening van de verlagingen in het freatische vlak. RID, Mededeling 72-2. Rijswijk.
- RIJTEMA, P.E., 1982. Effects of regional management on N-pollution in areas with intensive agriculture. ICW, Report 4, Wageningen.
- VEWIN, 1983. Resultaten van het fysisch - en chemisch onderzoek in 1982. Rijswijk.
- WERKGROEP Nitraatuitspoeling in waterwingebieden, 1983. Werkplan Taakgroep I. ICW, Wageningen.

## Bijlagen

- Bijlage I      Relevante hydrologische gegevens van de 170 waterwingebieden op zandgrond
- Bijlage II     Het aantal winplaatsen per onderscheiden GT-klasse
- Bijlage III    De overzichtstabel
- Bijlage IV     Een listing van het programma HYDRO
- Bijlage V      Een listing van het programma NIWVNAT
- Bijlage VI     De karakteristieke tijd van de 170 waterwingebieden op zandgrond
- Bijlage VII    De resultaten van berekeningen met het programma NIMVNAT



Bijlage 1. Relevante hydrologische gegevens van de 170 waterwingebieden op zandgrond

Nr.		Aanvang winning	Winning	Omvang winning (m <sup>3</sup> /dag)	Dikte af- dekkend pakket	Dikte wa- ter- voerend pakket	C (dag)	KD (m <sup>2</sup> /dag)	$\gamma_e$ (dag <sup>-1</sup> )	Soort winning	Aantal putten
1.1	Haren	1912	Haren	'81 2,33.10 <sup>3</sup> '95 5,47.10 <sup>3</sup>	30	20 56	1000	20 4000	400	$\omega F$ A1 $\omega 1$	40
1.2a	Haren	1881	De Punt	'81 32,60.10 <sup>3</sup> '95 35,61.10 <sup>3</sup>		100		4000	380	$\omega F$	22
2.1	Roden	1953	Nietap	'81 30,68.10 <sup>3</sup> '95 41,01.10 <sup>3</sup>	10	165	5000	7000	185 000	A1 $\omega 1$	26
2.2	Haren	1934	Onnen	'81 25,21.10 <sup>3</sup> '95 41,01.10 <sup>3</sup>	6	18 185	500	x 150 3000	185	$\omega F$ A1 $\omega 1$	70
2.3	Zuidlaren	1965	de Groeve	'81 23,29.10 <sup>3</sup> '95 27,40.10 <sup>3</sup>		102		3000	1 523	$\omega F$	24
2.4	Vlagentwedde	1971	Sellingen	'81 6,85.10 <sup>3</sup> '95 9,58.10 <sup>3</sup>	10	33 85	870	x 150 3140	1 585	$\omega F$ A1 $\omega 1$	17
3.6	Tjietjerkste- radeel	1925	Noord Bergum	'82 68,49.10 <sup>3</sup> '95 35,61.10 <sup>3</sup>	56	95	x 520	5200	104	A1 $\omega 1$ (A2 $\omega 2$ )	
3.7	Doniawerstal	1941	Spannen- burg	'82 41,01.10 <sup>3</sup> '95 41,01.10 <sup>3</sup>	20	15 110	780	x 6200	170	$\omega F$ A1 $\omega 1$	15
3.8	Weststelling- werf	1939	Oldeholt- pade	'82 17,80.10 <sup>3</sup> '95 17,80.10 <sup>3</sup>	12	135	1550	8000	36 000	A1 $\omega 1$	9
3.9	Terwisscha	1960	Terwisscha	'81 15,89.10 <sup>3</sup> '95 16,44.10 <sup>3</sup>		150		3750	780	$\omega F$	20
4.1	Zuidlaren	1953	Zuidlaren	'81 3,84.10 <sup>3</sup> '95 4,38.10 <sup>3</sup>	17,5	60	350	1250	95 000	A1 $\omega 1$	9
4.2	Norg	1972	Norg	'81 0,38.10 <sup>3</sup>		90		3000	790	$\omega F$	2
4.4	Assen	1897	Assen	'81 8,22.10 <sup>3</sup> '95 1,28.10 <sup>3</sup>	3	20	x 600	x 250 9375 000		A1 $\omega 1$ (A2 $\omega 2$ )	29
4.5	Beilen	1943	Beilen	'81 8,22.10 <sup>3</sup> '95 10,68.10 <sup>3</sup>	13	45	162	5350	3 000	A1 $\omega 1$	8
4.6	Gassetta	1953	Gassetta	'81 5,48.10 <sup>3</sup> '95 6,85.10 <sup>3</sup>	5	75	x 50	x 1500	167 000	A1 $\omega 1$	
4.7	Dwingelo	1972	Leggeloo	'81 0,80.10 <sup>3</sup> '95 5,48.10 <sup>3</sup>	0,5	35 46	3000	x 350 3000	765	$\omega F$ A1 $\omega 1$	3
4.8	Ruinerwold	1953	Ruiner- wold	'81 2,29.10 <sup>3</sup> '95 4,66.10 <sup>3</sup>		113		4300	550	$\omega F$	
4.9	Zuidwolde	1969	Zuidwolde	'81 1,39.10 <sup>3</sup> '95 2,47.10 <sup>3</sup>	15	10 100	5000	2500 1650	590	$\omega F$ A1 $\omega 1$	4
4.10	Emmen	1965	Valther- bos	'81 10,14.10 <sup>3</sup> '95 20,55.10 <sup>3</sup>	16	18 29	165	x 100 2800	2000	$\omega F$ A1 $\omega 1$	14
4.11	Emmen	1939	Noord- Bargeres	'81 14,52.10 <sup>3</sup> '95 13,70.10 <sup>3</sup>	16	18 29	x 165	x 100 2300	2000	$\omega F$ A1 $\omega 1$	29
5.1	Dalen	1915	Dalen De Loo	'81 4,38.10 <sup>3</sup> '95 6,30.10 <sup>3</sup>		94		4500	580	$\omega F$	5
6.1	Hoogeveen	1927	Hoogeveen	'81 16,44.10 <sup>3</sup> '95 16,44.10 <sup>3</sup>	11	2 149	500	x 20 5200	7000	$\omega F$ A1 $\omega 1$	15
7.1	Oldebroek	1888	Wezep	'81 1,03.10 <sup>3</sup>		130	15	x 300 4800	780	$\omega F$ $\omega 1$	11
9.1	Havelte	1894	Meppel	zie 9.1a 7,40.10 <sup>3</sup> 19,18.10 <sup>3</sup>	16	50	x 500	3000	7000	A1 $\omega 1$	8
9.1a	Havelte	1907	Havelter- berg	zie 9.1 7,40.10 <sup>3</sup> 19,18.10 <sup>3</sup>	7	7 55	x 500	50 3000	250	$\omega F$ A1 $\omega 1$	
9.2	Brederwiede	1936	St. Jans- klooster	'81 12,33.10 <sup>3</sup> '95 17,54.10 <sup>3</sup>	32	87	600	4000	49 000	A1 $\omega 1$	24

## Bijlage 1 (vervolg 1)

Nr.	Aanvang winning	Winning	Omvang winning (m <sup>3</sup> /dag)	Dikte af-dekkend pakket	Dikte water-voerend pakket	C (dag)	KD (m <sup>2</sup> /dag)	$\gamma_e$ (dag <sup>-1</sup> )	Soort winning	Aantal putten
9.3	Staphorst	Staphorst	'81 1,62.10 <sup>3</sup> '95 1,36.10 <sup>3</sup>	4	18 49	1000	x 150 3000	1030	w F A1 <u>w1</u>	25
9.4	Ommen	1933 Witharen	'81 7,95.10 <sup>3</sup> '95 10,96.10 <sup>3</sup>		52		2000	1535	w F (A1 <u>w1</u> )	
9.5	Hardenberg	1958 Brucht	'81 12,33.10 <sup>3</sup> '95 17,81.10 <sup>3</sup>	6	12 67	507	x 1390	1970	w F A1 <u>w1</u>	15
							2340			
9.6	Ommen	1959 Archer-merberg	'81 9,04.10 <sup>3</sup> '95 11,78.10 <sup>3</sup>	10	85 75	750	1000 620	805	w F A1 <u>w1</u>	25
9.7	Mijhe	Boerhaar	'81 1,69.10 <sup>3</sup> '95 5,48.10 <sup>3</sup>		31		620	1613	w F (A1 <u>w1</u> )	29
9.8	Diepenveen	1934 Olst	'81 8,77.10 <sup>3</sup> '95 10,96.10 <sup>3</sup>	35	35 125	x 15000	600 850	680	w F A1 <u>w1</u>	35
9.9a	Holten	1973 Espelose Broek	'81 4,61.10 <sup>3</sup> '95 12,33.10 <sup>3</sup>	3	65 85	50	1500 150	610	w F A1 <u>w1</u> (A2 <u>w2</u> )	12
9.10	Holten	1956 Holten	'81 5,21.10 <sup>3</sup> '95 6,85.10 <sup>3</sup>		120		1150	860	w F <u>w1</u>	25
9.11	Hellendoorn	1954 Nijverdal	'81 10,68.10 <sup>3</sup> '95 16,44.10 <sup>3</sup>	5	75 70	550	3000 1300	790	w F A1 <u>w1</u>	30
9.13	Wierden	1933 Hoge Heksel	'81 5,50.10 <sup>3</sup> '95 6,85.10 <sup>3</sup>		30			2000	w F <u>w1</u>	21
9.14	Tubbergen	1962 Manderveen	'81 10,90.10 <sup>3</sup> '95 10,95.10 <sup>3</sup>	5	21 40	x 2000	x 100 2200	2000	w F A1 <u>w1</u>	6
9.14a	Tubbergen	1968 Manderheide	'81 10,90.10 <sup>3</sup> '95 10,95.10 <sup>3</sup>	5	26 30	x 2000	x 125 2100	1750	w F A1 <u>w1</u>	5
9.15	Tubbergen	1876 Vossenheide	'81 1,82.10 <sup>3</sup> '95 5,48.10 <sup>3</sup>	7	42 21	700	x 125 1000	1750	w F A1 <u>w1</u>	1
9.16	Denekamp	1959 Denekamp	'81 1,67.10 <sup>3</sup> '95 1,65.10 <sup>3</sup>	5	21 15	200	x 175 700	1465	w F A1 <u>w1</u>	4
9.17	Weerselo	1966 Lenselo	'81 2,74.10 <sup>3</sup> '95 2,74.10 <sup>3</sup>	20	50	200	1000	42000	A1 <u>w1</u>	4
9.18	Hengelo	1932 Hasselo	'81 1,49.10 <sup>3</sup> '95 1,92.10 <sup>3</sup>		27		145	1060	w F <u>w1</u>	12
9.19	Goor	1915 Goor	'81 2,65.10 <sup>3</sup> '95 4,11.10 <sup>3</sup>	7	8 45	x 1000	x 50 1500	3250	w F A1 <u>w1</u>	9
9.20	Markelo	1958 Herkenberg	'81 10,68.10 <sup>3</sup> '95 10,96.10 <sup>3</sup>		100		1300	850	w F <u>w1</u>	17
10.1	Deventer	1955 Ceintuurbaan	'81 4,93.10 <sup>3</sup> '95 5,21.10 <sup>3</sup>	55	47 50	x 10000	650 900	950	w F A1 <u>w1</u>	16
10.2	Deventer	1954 Zutphenseweg	'81 4,93.10 <sup>3</sup> '95 6,85.10 <sup>3</sup>	45	19 68	10000	650 850	160	w F A1 <u>w1</u>	
11.1	Wierden	1892 Wierden	'81 23,29.10 <sup>3</sup> '95 24,66.10 <sup>3</sup>	5	30 20	250	100 1000	1265	w F A1 <u>w1</u>	10
12.1	Oldenzaal	1906 Oldenzaal	'81 3,61.10 <sup>3</sup> '95 46,58.10 <sup>3</sup>	10	8 8	200	x 40 x 140	275	w F A1 <u>w1</u>	10
13.1	Hengelo	1896 Watertorenlaan	'81 1,81.10 <sup>3</sup> '95 3,29.10 <sup>3</sup>		28		250	845	w F <u>w1</u>	15
14.1	Enschede	Ketmanlaan	'81 1,22.10 <sup>3</sup> '95 2,11.10 <sup>3</sup>	45	10 80	100000	200 320	1375	w F A1 <u>w1</u>	
14.2	Losser	1932 Losser	'81 5,21.10 <sup>3</sup> '95 6,58.10 <sup>3</sup>	20	60 110	20000	6 220	2500	w F A1 <u>w2</u>	5

Nr.	Aanvang winning	Winning	Omvang winning (m <sup>2</sup> /dag)	Dikte af- dekkend pakket	Dikte water- voerend pakket	C (dag)	KD (m <sup>2</sup> /dag)	$\gamma_e$ (dag <sup>-1</sup> )	Soort winning	Aantal putten
14.3 Enschede	1892	Weerselose weg	'81 17,39.10 <sup>3</sup> '95 19,18.10 <sup>3</sup>		15		140	1150	$\omega_F$	118
15.3 Neede	1982	Noordijker- veld	'81 2,74.10 <sup>3</sup> '95 8,22.10 <sup>3</sup>	28	27		800	12000	A1 $\omega_1$	7
15.4 Borculo		Haarlo	'81 7,95.10 <sup>3</sup> '95 7,68.10 <sup>3</sup>	8	10	1250	300	525	$\omega_F$ A1	5
			zie 15-4a		12		1025		$\omega_1$	
15.4a Eibergen	1934	Olden Eibergen	'81 7,86.10 <sup>3</sup> '95 7,68.10 <sup>3</sup>		35		750	550	$\omega_F$	18
			zie 15.4							
15.5 Ruurlo	1955	Ruurlo	'81 1,92.10 <sup>3</sup> '95 2,05.10 <sup>3</sup>		24		1750	475	$\omega_F$	3
15.6 Lochem	1925	Lochem	'81 6,85.10 <sup>3</sup> '95 8,22.10 <sup>3</sup>		28		2500	550	$\omega_F$	11
15.7 Vorden	1969	Vorden	'81 0,82.10 <sup>3</sup> '95 8,22.10 <sup>3</sup>		43		3000	550	$\omega_F$	15
15.8 Gorssel	1967	Harfsen	'81 2,13.10 <sup>3</sup> '95 4,11.10 <sup>3</sup>		30		2000	550	$\omega_F$	3
15.9 Gorssel	1975	Joppe	'81 1,19.10 <sup>3</sup> '95 4,11.10 <sup>3</sup>		40		2000	575	$\omega_F$	7
15.10 Zutphen	1889	de Vier- akkers	'81 5,63.10 <sup>3</sup> '95 5,48.10 <sup>3</sup>	27	20	x 1000	1020	309 000	A1 $\omega_1$	5
15.11 Hengelo(Gld)	1967	't Klooster	'81 6,85.10 <sup>3</sup> '95 13,70.10 <sup>3</sup>		35		3400	600	$\omega_F$	8
15.12 Hengelo (Gld)	1953	Olde Kaste	'81 0,82.10 <sup>3</sup> '95 1,42.10 <sup>3</sup>		50		1800	820	$\omega_F$	4
15.14 Bergh	1961	Galgenberg V.Heek	'81 10,41.10 <sup>3</sup> '95 10,30.10 <sup>3</sup>		40		1450	600	$\omega_F$	10
15.15 Doetinchem	1938	De Pol	'81 9,32.10 <sup>3</sup> '95 9,86.10 <sup>3</sup>		50		1000	675	$\omega$	25
15.17 Lichtenvoorde	1966	Lichten- voorde	'81 4,30.10 <sup>3</sup> '95 4,10.10 <sup>3</sup>		37		1600	610	$\omega_F$	4
15.19 Dinxperlo	1973	Dinxperlo	'81 2,47.10 <sup>3</sup> '95 5,48.10 <sup>3</sup>		40		3000	575	$\omega_F$	4
11.1 Rheden	1951	Dieren- Ellecom	'81 10,78.10 <sup>3</sup> '95 16,44.10 <sup>3</sup>		115		3200	790	$\omega_F$	10
16.1 Winterswijk	1926	Corle	'81 6,03.10 <sup>3</sup> '95 10,14.10 <sup>3</sup>	4	21	x 10 000	900	640	$\omega_F$ A1	11
					35		1500		$\omega_1$	
17.1 Brummen	1957	Eerbeek	'81 2,44.10 <sup>3</sup> '95 5,48.10 <sup>3</sup>		110		1500	650	$\omega_F$ $\omega_1$	10
17.2 Voorst		Twello	'81 2,74.10 <sup>3</sup> '95 5,48.10 <sup>3</sup>	7	14	x 500 x	100	200	$\omega_F$ A1	20
					23	x 200			$\omega_1$ (A2 $\omega_2$ )	
17.3 Epe	1954	Dellenweg	'81 9,86.10 <sup>3</sup> '95 11,51.10 <sup>3</sup>		137,5		2000	820	$\omega_F$	10
17.4 Elburg	1949	Elburg	'81 0,97.10 <sup>3</sup> '95 1,10.10 <sup>3</sup>		251		7500	150	$\omega_F$	5
17.5 Elburg	1966	Doornspijk	'81 5,21.10 <sup>3</sup> '95 8,49.10 <sup>3</sup>		180		8000	765	$\omega_F$	
17.6 Harderwijk	1895	Harderwijk	'81 8,22.10 <sup>3</sup>		230		8000	765	$\omega_F$	14

## Bijlage 1 (vervolg3)

Nr.	Aanvang winning	Winning	Omvang winning (m <sup>3</sup> /dag)	Dikte af- dekkend pakket	Dikte water- voerend pakket	C (dag)	KD (m <sup>2</sup> /dag)	$\gamma_e$ (dag <sup>-1</sup> )	Soort winning	Aantal putten
17.7	Ermelo	1975 Speuld	'95 10,96.10 <sup>3</sup> '81 0,55.10 <sup>3</sup> '95 1,37.10 <sup>3</sup>	7	23	12 000	x 200	1375	$\omega$ FA1	3
17.8	Putten	1959 Putten	'81 10,41.10 <sup>3</sup> '95 11,23.10 <sup>3</sup>		57		3600		$\omega$ 1	
					245		7000	770	$\omega$ F	11
17.10	Nijkerk	1970 Molk	'82 9,04.10 <sup>3</sup> '95 20,55.10 <sup>3</sup>	70	115	875	6000	400	A1.. $\omega$ 3	2
17.20	Elst	1925 Lent	'81 4,92.10 <sup>3</sup> '95 5,48.10 <sup>3</sup>	2	20	80	1500	267 000	A1.. $\omega$ 2	10
17.21	Groesbeek	1966 Muntberg	'81 2,19.10 <sup>3</sup> '95 2,47.10 <sup>3</sup>		85		x 1275	850	$\omega$ F	
18.1	Nijmegen	1879 Marktstraat	'82 6,85.10 <sup>3</sup> '95 12,05.10 <sup>3</sup>		75		600	960	$\omega$ F	20
18.2	Nijmegen	1971 Heumers- oord	'81 24,11.10 <sup>3</sup> '95 27,10.10 <sup>3</sup>		80		5500	775	$\omega$ F	32
20.1	Apeldoorn	1954 Hoog Soeren	'81 0,05.10 <sup>3</sup> '95 0,08.10 <sup>3</sup>		170		x 6000	770	$\omega$ F	2
20.2	Apeldoorn	1894 Amersfoort- seweg	'81 24,11.10 <sup>3</sup> '95 19,18.10 <sup>3</sup>		120		2700	800	$\omega$ F	23
20.3	Apeldoorn	1947 Hoenderloo	'81 2,57.10 <sup>3</sup> '95 10,96.10 <sup>3</sup>		85		1500	835	$\omega$ F	4
20.4	Apeldoorn	1982 Loenen	'81 8,22.10 <sup>3</sup> '95 8,22.10 <sup>3</sup>		130		1500	835	$\omega$ F	30
20.5	Ede	1969 Edesche bos	'81 13,42.10 <sup>3</sup> '95 16,44.10 <sup>3</sup>		55		2500	800	$\omega$ F	30
20.7	Wageningen	1867 Wageningse berg	'81 8,77.10 <sup>3</sup> '95 9,86.10 <sup>3</sup>	20	27	3000	500	1000	$\omega$ FA1	13
					33		2000		$\omega$ 1	
21.1	Rozendaal	1899 Pinkenberg	'81 4,66.10 <sup>3</sup> '95 6,03.10 <sup>3</sup>		57	x 1000	1700	830	$\omega$ F	9
							2700		(A1 $\omega$ 1)	
22.1	Arnhem	1909 La Cabine	'81 24,41.10 <sup>3</sup> '95 30,14.10 <sup>3</sup>	20	55	200 x	800	910	$\omega$ FA1	18
					40		3000		$\omega$ 1	
23.1	Renkum	Heelsum	'81 0,42.10 <sup>3</sup> '95 0,55.10 <sup>3</sup>		x 50		x 500	1000	$\omega$ F	1
23.2	Renkum	1908 Oosterbeek	'81 2,30.10 <sup>3</sup> '95 4,93.10 <sup>3</sup>		x 50		x 500	1000	$\omega$ F	6
25.1	Amersfoort	1913 Hogeweg	'81 8,22.10 <sup>3</sup> '95 10,96.10 <sup>3</sup>		10	x	125	190	$\omega$ F	27
									(A1 $\omega$ 1)	
25.2	Amersfoort	1955 Berg	'81 7,40.10 <sup>3</sup> '95 8,22.10 <sup>3</sup>		40	x	400	96	$\omega$ F	
									(A1 $\omega$ 1)	
26.1	Rhenen	1955 Lijster Eng	'81 7,40.10 <sup>3</sup> '95 5,48.10 <sup>3</sup>	15	40	x 5000 x	600	900	$\omega$ FA1	4
					53		x 800		$\omega$ 1	
27.1	Doorn	1903 Doorn	'81 3,29.10 <sup>3</sup> '95 4,38.10 <sup>3</sup>	6	35	x 3000 x	350	810	$\omega$ FA1	
					50		x 1500		$\omega$ 1	
29.1	Woudenberg	Woudenberg	'81 2,19.10 <sup>3</sup> '95 3,84.10 <sup>3</sup>	5	15	3500 x	150	1030	$\omega$ FA1	4
					85	x	3600		$\omega$ 1	
29.2	Veenendaal	1930 Veenendaal	'81 2,44.10 <sup>3</sup> '95 6,84.10 <sup>3</sup>	110		x	3600	550	$\omega$ F	9
29.3	Leersum	1966 Amerongen	'81 6,68.10 <sup>3</sup> '95 1,91.10 <sup>3</sup>	10	30	300	750	155	$\omega$ FA1	4
					35		1400		$\omega$ 1	

Nr.	Aanvang winning	Winning	Omvang winning (m <sup>3</sup> /dag)	Dikte af- dekkend pakket	Dikte water- voerend pakket	C (dag)	KD (m <sup>2</sup> /dag)	Y <sub>e</sub> (dag <sup>-1</sup> )	Soort winning	Aantal putten
29.11 Driebergen	1896 Driebergen	'81 1,76.10 <sup>3</sup> '95 2,47.10 <sup>3</sup>	10	30 17	300	600 1060	960	ωFA1 ω1 (A2ω2)		
29.12 Zeist	1896 Zeist	'81 10,13.10 <sup>3</sup> '95 13,70.10 <sup>3</sup>	5	47 59	10	1000 1930	875	ωFA1 ω1	13	
29.13 De Bilt	1962 Beerscho- ten	'81 21,92.10 <sup>3</sup> '95 21,92.10 <sup>3</sup>	10	47 50	20	600 3400	160	ωFA1 ω1 (A2ω2)	6	
29.14 Bilthoven	1927 Bilthoven	'81 4,38.10 <sup>3</sup> '95 5,53.10 <sup>3</sup>	1	115		4000	780	ωF		
29.15 Maartensdijk	1961 Groenekan	'83 27,40.10 <sup>3</sup> '95 27,40.10 <sup>3</sup>	50	80	125	3200	2,0	A1.ω2	18	
29.16 Soest	1883 Soestduinen	'81 19,18.10 <sup>3</sup> '95 21,92.10 <sup>3</sup>		140		3000	790	ωF		
29.18 Baarn	1933 Lage Vuursche	'81 0,03.10 <sup>3</sup> '95 0,03.10 <sup>3</sup>		195		5000	780	ωF		
29.19 Loosdrecht	1928 Loosdrecht	'81 8,77.10 <sup>3</sup> '95 10,14.10 <sup>3</sup>		47		2000	155	ωF (A1ω1)	8	
29. Baarn	1894 Reenenlaan	'81 1,93.10 <sup>3</sup>		20		100	2000	ωF		
29.20 Baarn	1962 Sophialaan	'81 0,03.10 <sup>3</sup> '95 3,29.10 <sup>3</sup> (?)	5	20 30	x 3000	100 1500	2000	ωFA1 ω1		
29.21 Laren	1900 Hilversum	'81 18,63.10 <sup>3</sup> '95 21,92.10 <sup>3</sup>		212		6000	770	ωF		
32.6a Laren	1933 Laarder- hoogt	'81 11,78.10 <sup>3</sup> '95 13,15.10 <sup>3</sup>		227		6000	770	ωF	13	
32.6b Huizen	Huizen	'81 0,60.10 <sup>3</sup> '95 2,73.10 <sup>3</sup>		85		6000	770	ωF	15	
32. Bussum	Randweg	'81 6,85.10 <sup>3</sup>		213		6000	770	ωF	2	
32.7 Bussum	1897 Grindweg	'81 6,85.10 <sup>3</sup> '95 8,77.10 <sup>3</sup>		213		6000	770	ωF		
34.1 Hilversum	1888 Westerveld	'83 5,48.10 <sup>3</sup> '95 5,48.10 <sup>3</sup>		178		6000	500	ωF	14	
77.3 Halsteren	1923 Halsteren	'81 4,93.10 <sup>3</sup> '95 2,85.10 <sup>3</sup>	9	5 47	x 350	x 50 x 400	150	ωFA1 ω1 (A2ω2)	6	
77.4 Woensdrecht	1963 Huybergen	'81 22,20.10 <sup>3</sup> '95 27,40.10 <sup>3</sup>	16	2 140	1030	x 50 1900	1970	ωFA1 ω1	23	
77.5 Ossendrecht	1913 Ossendrecht	'81 11,51.10 <sup>3</sup> '95 16,44.10 <sup>3</sup>	5	5 65	1000	x 25 1800	5750	ωFA1	22	
77.7 Hulst	Clinge, St.Jansteen	'81 8,64.10 <sup>3</sup> '95 8,22.10 <sup>3</sup>		12		150	1615	ωF	152	
79.1 Bergen op Zoom	1899 Mondaf Lievensberg	'81 12,39.10 <sup>3</sup> '95 13,70.10 <sup>3</sup>	9	5 47	1000	x 25 x 1250	5800	ωFA1 ω1	16	
80.1 Roosendaal Nispen	1887 Borteldonk	'81 9,21.10 <sup>3</sup> '95 16,44.10 <sup>3</sup>	3	30 25	2800	x 30 900	2850	ωFA1 ω1 (A2ω2)	14	
81.1 Oosterhout	1894 Dorst	'81 15,29.10 <sup>3</sup> '95 28,77.10 <sup>3</sup>	108	90	5400	2097	1580	A1...ω2		
81.2 Breda	1900 Ginneken	'83 1,09.10 <sup>3</sup> '95 1,09.10 <sup>3</sup>	4	83	x 2000	750	890	A1ω1	4	

Nr.	Aanvang winning	Winning	Omvang winning (m <sup>3</sup> /dag)	Dikte af- dekkend pakket	Dikte water- voerend pakket	C (dag)	KD (m <sup>2</sup> /dag)	Y <sub>e</sub> (dag <sup>-1</sup> )	Soort winning	Aantal putten
82.1	Wouw	1968 Altena	'83 6,68.10 <sup>3</sup> '95 10,96.10 <sup>3</sup>	4	83	3100	900	890	A1ω1 (A2ω2)	
82.2	Rucphen	1972 Schijf	'81 21,27.10 <sup>3</sup> '95 28,77.10 <sup>3</sup>	35	5 50	2117	x 25 720	3000	ωFA1 ω1 (A2ω2)	12
82.3	Hoeven	1922 Seppe	'81 27,43.10 <sup>3</sup> '95 41.10.10 <sup>3</sup>	27	92 71	2000	x 50 x 400	855	ωFA1 ω1	18
82.6	Gilze Rijen	1955 Gilze Rijen	'81 5,48.10 <sup>3</sup> '95 5,48.10 <sup>3</sup>	15	285	3000	1500	625 000	A1ω1	10
82.7	Gilze Rijen	Prinsen- bosch	'81 2,25.10 <sup>3</sup> '95 13,70.10 <sup>3</sup>	10	90 210	3000	490 1100	16 000	ωFA1 ω1	
82.8	Oosterhout	Oosterhout	'81 37,11.10 <sup>3</sup> '95 41,10.10 <sup>3</sup>	30	106 60	3000	x 250 1750	8000	ωFA1 ω1	19
83.1	Waalwijk	1901 Waalwijk	'81 4,81.10 <sup>3</sup> '95 8,21.10 <sup>3</sup>	11	31	x 1160	2000	758 000	A1ω1	
84.1	Tilburg	1898 Gilzenbaan	'81 30,14.10 <sup>3</sup> '95 46,60.10 <sup>3</sup>		15		1000	820	ωF (A1ω1) (A2ω2)	116
85.1	Nuland	1887 Nuland	'81 23,87.10 <sup>3</sup> '95 27,40.10 <sup>3</sup>	75	71 43	1875	x 2000 x 6000	150	ωFA1 ω2	22
88.1	Vlijmen	1956 Vlijmen	'81 4,78.10 <sup>3</sup> '95 met 88.1a	25	43	x 120	3100	7000	A1ω1	
88.1a	Helvoirt	1983 Helvoirt	'95 16,44. met 88.1	85	70 35	115	100 3100	800	ωFA1 ω1	3
88.2	Haaren	1962 Haaren	'81 15,66.10 <sup>3</sup> '95 16,44.10 <sup>3</sup>	40	80 30	400	1500 1000	850	ωFA1 ω1	59
88.3	Vessem	1952 Vessem	'81 22,88.10 <sup>3</sup> '95 23,29.10 <sup>3</sup>	25	47	620	2700	47 000	A1ω1	30
88.4	Oirschot	Oirschot	'95 16,44.10 <sup>3</sup>	20	65 120	9600	400 1000	980	ωFA1 ω2	
88.8	Heesch	1969 Loosbroek	'81 16,27.10 <sup>3</sup> '95 21,92.10 <sup>3</sup>	32	45	x 300	x 2200	150 000	A1ω1 (A2ω2)	30
88.9	Schijndel	Schijndel	'81 19,39.10 <sup>3</sup> '95 21,29.10 <sup>3</sup>	60	85 50	300	2000	4700	ωFA1 ω1	27
88.10	Son en Breughel	1973 Son	'81 22,29.10 <sup>3</sup> '95 21,29.10 <sup>3</sup>	40	115 85	x 300	2500	31 000	ωFA1 ω1	40
88.11	Veghel	1941 Veghel	'81 14,20.10 <sup>3</sup> '95 17,43.10 <sup>3</sup>	50	60 70	x 300	x 100 2650	770	ωFA1 ω1	40
88.12	Lieshout	Lieshout	'95 5,48.10 <sup>3</sup>	40	99 95	15 000	100 x 600	1	ωFA1 ω2	
88.13	Boxmeer	1951 Boxmeer	'81 4,59.10 <sup>3</sup> '95 10,96.10 <sup>3</sup>	8	15	x 300	1555	225 000	A1ω1	5
88.14	Vierlingsbeek	1965 Vierlingsb.	'81 5,88.10 <sup>3</sup> '95 8,22.10 <sup>3</sup>	6	18	800	995	1 042 000	A1ω1	12
88.15	Budel	1949 Budel	'81 12,02.10 <sup>3</sup> '95 15,07.10 <sup>3</sup>	13	122	x 300	2600	139 000	A1ω1	32
88.16	Deurne	1954 Vlierden	'81 7,86.10 <sup>3</sup> '95 16,44.10 <sup>3</sup>	20	40	400	2200	83 000	A1ω1	15
88.17	Someren	1980 Someren	'81 3,17.10 <sup>3</sup> '95 10,96.10 <sup>3</sup>	20	160	x 11000	x 2700	150	A1ω2 (A3ω3)	

Nr.		Aanvang winning	Winning	Omvang winning (m <sup>2</sup> /dag)	Dikte af- dekkend pakket	Dikte water- voerend pakket	C (dag)	KD (m <sup>2</sup> /dag)	Y <sub>e</sub> (dag <sup>-1</sup> )	Soort winning	Aantal putten
89.1	Eindhoven	1905	Aalsterweg	'81 47,62.10 <sup>3</sup> '95 82,20.10 <sup>3</sup>		90		2600	800	$\omega_{F\omega 1}$ (A2 $\omega$ 2)	
89.1a	Geldrop		Grote Heide	'83 13,70.10 <sup>3</sup> '95 27,40.10 <sup>3</sup>		82		2500	1200	$\omega_{F\omega 1}$ (A2 $\omega$ 2)	
92.1	Helmond	1899	Helmond	'81 15,46.10 <sup>3</sup> '95 24,66.10 <sup>3</sup>		74		2350	800	$\omega_F$	31
94.2	Mook	1966	Plasmolen	'81 2,34.10 <sup>3</sup>	5	45	x 300	x 1250	938 000	A1 $\omega$ 1	
94.3	Arcen-Velden	1976	Hanik	'81 1,72.10 <sup>3</sup> '95 5,48.10 <sup>3</sup>	15	33	3240	x 700	600	$\omega_{FA1}$ $\omega_1$	5
94.4	Bergen	1975	Bergen	'81 0,35.10 <sup>3</sup> '95 2,74.10 <sup>3</sup>	1,5	29	x 300	2300	556 000	A1 $\omega$ 1	4
94.5	Venray	1980	Oostrum	'81 1,88.10 <sup>3</sup> '95 2,74.10 <sup>3</sup>		30		860	895	$\omega_F$	3
94.6	Venray	1953	Breehei	'81 6,98.10 <sup>3</sup> '95 5,75.10 <sup>3</sup>	10	24	x 300	x 250	1045	$\omega_{FA1}$ $\omega_1$	16
94.7	Grubbenvorst	1962	Lottum	'81 8,98.10 <sup>3</sup> '95 8,22.10 <sup>3</sup>	9	16	x 300	x 250		$\omega_{FA1}$ $\omega_1$	8
94.8	Grubbenvorst	1980	Californië	'81 0,53.10 <sup>3</sup> '95 5,48.10 <sup>3</sup>	9	15	x 300	3000	790	A1 $\omega$ 1 (A2 $\omega$ 2)	6
94.11	Beegden	1958	Beegden	'81 11,33.10 <sup>3</sup> '95 10,96.10 <sup>3</sup>	5	10	x 300	x 100	830	A1 $\omega$ 1 (A2 $\omega$ 2)	6
94.12	Kelder	1954	Kelder	'81 5,87.10 <sup>3</sup> '95 8,22.10 <sup>3</sup>		20		800	905	$\omega_F$	22
94.13	Nederweert	1971	Ospel	'81 5,40.10 <sup>3</sup> '95 8,22.10 <sup>3</sup>	26	50	x 300	3100	15 120	A1 $\omega$ 1 (A2 $\omega$ 2)	
94.16	Beesel	1952	Reuver	'81 2,35.10 <sup>3</sup> '95 2,74.10 <sup>3</sup>		50		2000	600	$\omega_F$	12
94.17	Echt	1955	Peij	'81 6,81.10 <sup>3</sup> '95 8,22.10 <sup>3</sup>	48	22	4800	x 220	1320	$\omega_{FA1}$ $\omega_1$	8
94.18	Meiick Herkenbosch	1953	Vlodrop	'81 3,02.10 <sup>3</sup> '95 2,74.10 <sup>3</sup>	30	25	x 3000	x 250	1250	$\omega_{FA1}$ $\omega_1$	4
94.19	Susteren	1966	Nieuwstad	'81 15,22.10 <sup>3</sup> '95 10,96.10 <sup>3</sup>		17		x 170	1490	$\omega_F$	12
95.1	Weert	1929	Graafsch. Hornelaan	'81 8,96.10 <sup>3</sup> '95 15,07.10 <sup>3</sup>	15	40	x 1500	2000	820	$\omega_{FA1}$ $\omega_1$	17
96.1	Venlo		Grote Heide	'81 11,95.10 <sup>3</sup> '95 16,44.10 <sup>3</sup>	10	25	10000	570	970	$\omega_{FA1}$ $\omega_1$	28
97.1	Tegelen	1931	Tegelen	'81 3,64.10 <sup>3</sup> '95 5,75.10 <sup>3</sup>	10	20	x 1000	x 600	960	$\omega_{FA1}$ $\omega_1$	9
98.1	Swalmen	1973	Swalmen	'81 1,64.10 <sup>3</sup> '95 5,48.10 <sup>3</sup>		214		500	705	$\omega_F$	6
98.2	Herten	1899	Herten	'81 8,22.10 <sup>3</sup> '95 7,53.10 <sup>3</sup>		70		x 2300	805	$\omega_F$	18
29.17	Soest	1929	Soest	'81 3,56.10 <sup>3</sup> '95 3,34.10 <sup>3</sup>		150		3000	150	$\omega_F$	

BIJLAGE II HET AANTAL WINPLAATSEN PER ONDERSCHIEDEN GT-KLASSE

GT-Klasse	Oppervlakte per GT-klasse (*)	aantal winplaatsen
II-V*	$\geq 75\%$	6
II-V*	$75\% > x \geq 50\%$	18
IV, VI	$\geq 75\%$	1
IV, VI	$75\% > x \geq 50\%$	10
VII	$\geq 75\%$	24
VII	$75\% > x \geq 50\%$	16
VII*	$\geq 75\%$	4
VII*	$75\% > x \geq 50\%$	7
II-V* en IV,VI beide	$50\% > x \geq 25\%$	12
VII en VII* beide	$50\% > x \geq 25\%$	1
IV,VI en VII beide	$50\% > x \geq 25\%$	9
II,V* en IV,VI en VII allen	$50\% > x \geq 25\%$	6
II-V*	$50\% > x \geq 25\%$	6
IV,VI	$50\% > x \geq 25\%$	2
VII	$50\% > x \geq 25\%$	3
VII*	$50\% > x \geq 25\%$	0
rest		7
TOTAAL		132



## Bijlage II (vervolg)

In de overzichtstabel (Bijlage III) worden de klassen nat, gemengd en droog onderscheiden:

Onder de natte winningen vallen de GT-klassen:

$$\text{II-V}^* \geq 75\% \text{ en } \text{II-V}^* 75\% > x \geq 50\%$$

Onder de droge winningen vallen de GT-klassen:

$$\text{VII} \geq 75\% \text{ en } \text{VII} 75\% > x \geq 50\%$$

$$\text{VII}^* \geq 75\% \text{ en } \text{VII}^* 75\% > x \geq 50\%$$

Onder de gemengde winningen vallen de GT-klassen:

IV,VI	$\geq 75\%$
IV,VI	$75\% > x \geq 50\%$
II-V* en IV,VI	beide $50\% > x \geq 25\%$
VII en VII*	beide $50\% > x \geq 25\%$
IV,VI en VII	beide $50\% > x \geq 25\%$
II,V* en IV,VI en VII allen	$50\% > x \geq 25\%$
II-V*	$50\% > x \geq 25\%$
IV,VI	$50\% > x \geq 25\%$
VII	$50\% > x \geq 25\%$
VII*	$50\% > x \geq 25\%$

De gegeven percentages zijn procenten van het oppervlak van het onttrekkingsgebied met de genoemde GT-verdeling.

### BIJLAGE III DE OVERZICHTSTABEL

Deze tabel geeft een overzicht van 127 waterwingebieden op zandgrond. De indelingscriteria zijn in Hoofdstuk 2 behandeld. 33 Waterwingebieden die op zandgrond liggen ontbreken in dit overzicht. In een later stadium zal in een verslag van de werkgroep Nitraatuitspoeling in waterwingebieden een volledig overzicht volgen.

## Bijlage III (vervolg 1)

## BIJLAGE III DE OVERZICHTSTABEL

C-waarde	GT	Bodemgebruik	Nummer	Winning
0-100	NAT	NA	-	-
(47)	(4)	V	4-5	Beilen, Beilen
			17-4	Elburg
		AT	88-1	Vlijmen
		R	9-1	Havelte, Meppel
	GEMENGD	NA	15-7	Vorden
	(15)		29-2	Veenendaal
			32-(33-2)	Bussum (Randweg)
			77-8 <sup>a</sup>	Hulst, St. Jansteen
			94-12	Helden
		V	9-10	Holten
			9-20	Markelo, Herikerberg
			15-5	Ruurlo
			15-6	Lochem
			15-11	Hengelo, 't Klooster
			15-15	Doetinchem, de Pol
		AT	4-6	Gasselte
		R	15-8	Gorssel, Harfsen
			29-19	Loosdrecht, Hilversum
			94-19	Susteren, Nieuwstad
	DROOG	NA	7-1	Oldebroek, Wezep
	(28)		15-9	Gorsel, Joppe
			17-1	Brummen, Eerbeek
			17-3	Epe, Dellenweg
			17-5	Elburg, de Haere
			17-6	Harderwijk
			17-8	Putten
			17-21	Groesbeek, Muntberg
			18-2	Nijmegen, Heumensoord
			20-3	Apeldoorn, Amersfoortseweg
			20-5	Ede, Edesche bos
			29-12	Zeist
			29-14	Bilthoven
			29-16	Soest, Soestduinen

## Bijlage III (vervolg 2)

C-waarde	GT	Bodemgebruik	Nummer	Winning
0-100 (verv)	DROOG	NA	29-17	Soest
			29-18	Baarn, Lage Vuursche
			32-6 <sup>a</sup>	Laren, Laarderhoogt
			32-6 <sup>b</sup>	Huizen
			94-5	Venray, Venray-Oostrum
		V	15-12	Hengelo, Olde Kaste
			15-14	Bergh, Galgenberg
			15-19	Dinxperloo
			20-1	Apeldoorn, Hoog Soeren
		AT	15-10	Zutphen, de Vierakkers
			98-2	Herten
		R	II-1	Rheden, Dieren
			94-16	Beesel, Reuver
100-1000	NAT	NA	-	
31	(5)	V	9-9 <sup>a</sup>	Holten, Espelose Broek
			15-N	Neede, Noordijkerveld
			94-13	Nederweert, Ospel
		AT	-	
		R	2-2	Haren, Onnen
			4-8	Ruinerwold
	GEMENGD	NA	9-2	Brederwiede, St Jansklooster
	(15)	V	9-5	Hardenberg, Brucht
			9-13	Wierden, Hoge Heksel
			15-17	Lichtenvoorde
			88-3	Vessem
			88-13	Boxmeer
			88-14	Vierlingsbeek
			88-15	Budel
			88-16	Deurne, Vlierden
			94-6	Venray, Breeklei
		AT	2-4	Vlagtwedde, Sellingen
			4-10	Emmen, Valtherbos
			4-11	Emmen, Noord-Bargeres
		R	9-1 <sup>a</sup>	Havelte, Havelterberg
			9-7	Wijhe, Boerhaar

**Bijlage III (vervolg 3)**

C-waarde	GT	Bodemgebruik	Nummer	Winning
100-1000	DROOG	NA	9-6	Ommen, Archemerberg
	(11)		21-1	Rozendaal, Pinkenberg
			22-1	Arnhem, La Cabine
			29-11	Driebergen, Driebergen
			94-2	Mook, Plasmolen
			94-11	Beegden, Beegden
		V	9-11	Hellendoorn, Nijverdal
			11-1	Wierden, Wierden
		AT	94-B	Bergen, Bergen
			94-7	Grubbenvorst, Lottum
		R	29-3	Leersum, Amerongen
> 1000	NAT	NA	1-1	Haren, Haren
(49)	(15)		29-20	Baarn, Sophialaan
			29-R	Baarn, Reenenlaan
			77-5	Ossendrecht
		V	16-1	Winterswijk, Carle
			25-1	Amersfoort, Hoge Weg
			29-1	Woudenberg
			85-1	Nuland
			88-2	Haaren
			88-8	Heesch, Loosbroek
			88-9	Schijndel
			88-17	Someren
		AT	-	
		R	3-8	Weststellingwerf
			4-7	Dwingelo, Leggelo
			4-9	Zuidwolde, Oosterweg
	GEMENGD	NA	77-4	Woensdrecht, Huybergen
	(23)		81-1	Oosterhout, Dorst
			82-7	Gilze-Rijen, Prinsenbosch
			96-1	Venlo, Grote Heide
		V	9-4	Ommen, Witharen
			88-10	Son en Breughel, Son
			88-11	Veghel
			92-1	Helmond
			95-1	Weert, Graafschap Haasrel

## Bijlage III (vervolg 4)

C-waarde	GT	Bodemgebruik	Nummer	Winning
> 1000	GEMENGD	AT	77-3	Halsteren, Halsteren
			80-1	Roosendaal-Nispen
			82-1	Wouw, Altena
			82-3	Hoeven, Seppe
			97-1	Tegelen, Tegelen
		R	2-3	Zuidlaren, De Groeve
			9-8	Diepenveen, Olst
			17-2	Voorst, Twello
			20-7	Wageningen, Wageningsche-Berg
			29-13	de Bilt, Beerschoten
			82-2	Rucphen, Schijf
			82-6	Gilze-Rijen
			82-8	Oosterhout
			84-1	Tilburg, Gilzerbaan
	DROOG (11)	NA	17-7	Ermelo, Speuld
			25-2	Amersfoort, Berg
			27-1	Doorn, Doorn
			79-1	Bergen op Zoom, Mondal
			94-C	Grubbenvorst, Californië
		V	15-4	Borculo, Haarlo
		AT	17-20	Elst, Lent
			94-3	Arcen-Velden, Hanik
			98-1	Swalmen, Swalmen
		R	10-2	Deventer, Zutphenseweg
			94-17	Echt, Echt-Pey

#### BIJLAGE IV DE LISTING VAN HET PROGRAMMA H Y D R O

Als input voor het programma HYDRO worden in de file INC.FOR de gegevens van een waterwinning vermeld. Deze gegevens zijn:

DELTAR - delta straal -d.i. de stapgrootte voor de straal waarop de  
verblijftijd wordt berekend (m)  
HAQ - dikte van de aquifer (m)  
HSECO - dikte van de semipermeabele laag (m)  
HTOP - dikte van de toplaag (m)  
IMAX - aantal verblijftijdsberekeningen dat uitgevoerd wordt  
JMAX - aantal putten in het puttenveld  
KAQ - doorlatendheid van de aquifer (m/dag)  
KSECO - doorlatendheid van de semipermeabele laag (m/dag)  
PEXC - precipitation excess d.i. neerslagoverschot (m/dag)  
PORAQ - porositeit van de aquifer  
PORSECO - porositeit van de semipermeabele laag  
PORTOP - porositeit van de toplaag  
RESITOP - drainageweerstand ( $\text{dag}^{-1}$ )  
RZERO - straal van het puttenveld (m)  
QWELL( ) - het onttrokken debiet per put ( $\text{m}^3/\text{dag}$ )

In de integratie in het numerieke deel van HYDRO wordt veel gebruik gemaakt van hulpvariabelen. Deze variabelen zijn met een H aangegeven en vragen verder geen toelichting.

In de outputfile worden de volgende variabelen gegeven:

R(I) -de afstand tot het puttenveld waarvoor de verblijftijden  
worden berekend  
POTAQ (I)-de berekende potentiaalverlagingen in de aquifer op straal R(I)  
POTTOP(I)-de berekende potentiaalverlagingen in de toplaag op straal R(I)  
QR (I) -het debiet dat het gebied met straal R(I) binnenstroomt  
TITOP (I)-de verblijftijd in de toplaag op straal R(I)  
TISECO(I)-de verblijftijd in de semipermeabele laag op straal R(I)  
TIAQ (I) -de verblijftijd in de aquifer op straal R(I)  
TITOT(I) -de gesommeerde verblijftijd op straal R(I)

INCL 1018.

Bijlage IV (vervolg 1)

C - - - ( )

```
DATA DELTAR /200./, HAD /./, HSECO /./, HTOP /./, IMAX /4/,  
/ JMAX /1/, KAD /./, KSECO /./, PEXC /0008/  
/ PORAU /.35/, PORSECO /.35/, PORTOP /.35/, RESITOP /./,  
/ RZERO /5./, DWELL(1) /./
```

C WITH THE NEXT LINE THE OUTPUT FOR THE TERMINAL IS PUT ON A FILE  
OPEN (UNIT=5, TYPE='NEW', NAME='OUTA.DAT')



Bijlage IV (vervolg 2)

C \*\*\*\*\* BLOC 'HYDRO'

```

      REAL B0(30), B1(30), DEPTH(30,30), KAO, KSECO,
      /      POTAQ(30), POTTOP(30), QR(0:30), R(0:30), TI(30,30),
      /      TTAQ(30), TISECO(30), TITOP(30), TITOT(30),
      /      AR(30,30), FEED(30,30), QWELL(30)
      COMMON /BLK1/ B(558,4),FUNB,BFUN
      INCLUDE 'INC94A3.FOR'

```

```

      DATA PI /3.14159/
100  OPEN (UNIT=1,TYPE='OLD',NAME='RESSEL30.DAT')
      DO K=1,558
          READ (1,105) (B(K,L), L=1,4)
105  FORMAT (1X,E11.4,5X,2(E14.8,5X),E11.3)
      END DO

```

C CALCULATION OF THE MAXIMUM RADIUS FOR THE AREA WITH DRY DRAINAGE CHANNEL  
 C (RONE), TWO BESSELFUNCTIONS FOR THIS RADIUS (B0RONE AND B1RONE) AND THE  
 C RESIDENCE TIME IN THE AQUIFER FOR THIS RADIUS (TIAQRONE).

```

      RESICO = HSECO/KSECO
      XIL= SORT(KAQ*HAQ*(RESICO+RESITOP))
      DO J=1,JMAX
          Q = Q + QWELL(J)
      END DO
      FUNB = Q/(PI*PEXC*XIL**2)
      IF (FUNB .LT. 0.0289) THEN
          FUNB = 0.0289
          XIL = SORT (Q/(FUNB*PI*PEXC))
          RESITOP=XIL**2/(KAQ*HAQ) -RESICO
      END IF
      CALL INTPOL (4,1)      INTERPOLATIE TER BEPALING VAN RONE
      RONE = BFUN * XIL
      WRITE (6,115) RONE
115  FORMAT (' RONE      =',F10.0)
      CALL INTPOL (4,2)
      B0RONE = BFUN
      CALL INTPOL (4,3)
      B1RONE = BFUN
      QRZERO = Q - PI*PEXC*RZERO**2
      IF (QRZERO .LT. 0.) STOP 'QRZERO IS LESS THAN ZERO'
      QRONE = Q - PI*PEXC*RONE **2
      TIAQRONE = -POTAQ*HAQ/(365*PEXC) + ALOG(QRONE/QRZERO)
      VERBLIJFTIJD OP STRAAL RONE

```

C  
 C

```

      WRITE (6,125)
125  FORMAT (//,2X,'I',6X,'R(I)  POTAQ(I) POTTOP(I)      QR(I)',
      /      '  TITOP(I)  TISECO(I)  TTAQ(I)  TITOT(I)')
      I = 0
      DO WHILE (TITOT(I) .LT. 1000. .AND. I .LT. IMAX)
          I = I + 1
          R(I) = (I-1)*DELTAR
          R(1) = RZERO
          BEPALING VAN POTENTIALEN EN
          IF (R(I) .LT. RONE) THEN VERBLIJFTIJDEN VOOR R < RONE
              POTAQ(I) = PEXC * (RONE**2-R(I)**2) / (4*KAQ*HAQ)
              /      + Q * ALOG(R(I)/RONE) / (2*PI*KAQ*HAQ)
              /      - PEXC * (RESITOP+RESICO)
              POTTOP(I) = POTAQ(I) + PEXC*RESICO
              QR(I) = Q - PI*PEXC*R(I)**2

```

# Bijlage IV (vervolg 3)

```

TISECO(I) = PORSECO*HSECO/(365*PEXC)
TIAQ(I) = -PORAQ*HAQ/(365*PEXC) + ALOG(QR(I)/QRZERO)
TITOP(I) = PORTOP*HTOP/(365*PEXC)
ELSE
  FUNB = R(I)/XIL      BEPALING VAN POTENTIËLEN EN VERBLIJF-
  CALL INTPOL (1,2) TJDEN VOOR R > RONE
  B0(I) = BFUN
  CALL INTPOL (1,3)
  B1(I) = BFUN
  POTAQ(I) = -PEXC*(RESITOP+RESICO)*B0(I) / B0RONE
  POTTOP(I) = POTAQ(I)*RESITOP / (RESITOP+RESICO)
  QR(I) = 2*PI*PEXC*XIL*R(I)*B1(I) / B0RONE
  HR = R(I-1)
  IF (R(I)-DELTAR .LT. RONE) HR = RONE
  RAV = (R(I)+HR) / 2
  FUNB = RAV / XIL
  CALL INTPOL (1,3)
  B1RAV = BFUN
  HB1 = B1(I-1)
  IF (R(I)-DELTAR .LT. RONE) HB1 = B1RONE
  B1RAVAV = (2*B1RAV+HB1+B1(I))/4
  TISECO(I) = PORSECO*HSECO/(365*PEXC) + B0RONE/B0(I)
  HDELTAR = DELTAR
  IF (R(I)-DELTAR .LT. RONE) HDELTAR = R(I) - RONE
  HTIAQ = TIAQ(I-1)
  IF (R(I)-DELTAR .LT. RONE) HTIAQ = TIAQRONE
  TIAQ(I) = HTIAQ
  /
  + PORAQ*HAQ/(365*PEXC) + HDELTAR*B0RONE/(XIL*B1RAVAV)
  TITOP(I) = PORTOP*HTOP/(365*PEXC) + B0RONE/B0(I)
END IF
TITOT(I) = TITOP(I) + TISECO(I) + TIAQ(I)
WRITE (6,130) I, R(I), POTAQ(I), POTTOP(I), QR(I),
/
TITOP(I), TISECO(I), TIAQ(I), TITOT(I)
130  FORMAT (/ ,I3,F10.0,2F10.2,5F10.0)
END DO

C CALCULATION OF THE DEPTH OF THE STREAMLINES IN THE AQUIFER AS WELL AS THE
C RESIDENCE TIME OF THE INFILTRATED WATER AS A FUNCTION OF THE DISTANCES
C POINT OF INFILTRATION-POINT OF EXTRACTION (F(I)) AND POINT OF INFILTRATIO
C POINT OF OBSERVATION ( ).

WRITE (6,135)
135  FORMAT (//,2X,'I L',6X,'R(I) DISTL DEPTH(I,L) TI(I,L)')
DO I=1,IMAX
  DO L=1,I-1
    DEPTH(I,L) = HTOP + HSECO + HAQ*(QR(I-L)-QR(I))/QR(I-L)
    TI(I,L) = TITOP(I) + TISECO(I) + TIAQ(I) - TIAQ(I-L)
    DISTL = R(I) - R(I-L)
    WRITE (6,145) I, L, R(I), DISTL, DEPTH(I,L), TI(I,L)
145  FORMAT (X,I2,I3,4F10.0)
  END DO
END DO

```

Bijlage IV (vervolg 4)

INTERPOLLATIE IN DE BESSELTABEL

SUBROUTINE INTPOL (L,M)

CC K IS HIER GEEN AREA INDEX!!

COMMON /BLK1/ B(558,4),FUNB,BFUN

C B(K,1)  
C B(K,2) = MODIFIED ZERO ORDER BESSELFUNCTION OF THE SECOND KIND  
C FOR B(K,1)  
C B(K,3) = MODIFIED FIRST ORDER BESSELFUNCTION OF THE SECOND KIND  
C FOR B(K,1)  
C B(K,4) = B(K,1) \* (B(K,1) + 2B(K,3)/B(K,2))

IF (FUNB .LT. B(1,L)) THEN

FUNB = B(1,L)

WRITE (6,25)

25 FORMAT (' FUNB IS LESS THAN B(1,L) ')

END IF

IF (FUNB .GT. B(558,L)) THEN

FUNB = B(557,L)

WRITE (6,27)

27 FORMAT (' FUNB IS GREATER THAN B(558,L) ')

END IF

B(0,M) = 1

DO K=1,558

IF (FUNB .LT. B(K,L)) GOTO 30

END DO

30 BFUN = B(K-1,M) +  
/ (FUNB-B(K-1,L)) / (B(K,L)-B(K-1,L)) \* (B(K,M)-B(K-1,M))

RETURN

END

# BIJLAGE V DE LISTING VAN HET PROGRAMMA N I M V N A T

Als input voor het programma NIMVAT worden in de file INCV.FOR de gegevens van een waterwinning vermeld. Deze gegevens zijn:

DIT	- deltatijd (dag), d.i. de tijdstap waarvoor in de aquifer de positie van het deeltje wordt berekend
HAQ	- dikte van de aquifer (m)
HSECO	- dikte van de semipermeabele laag (m)
HTOP	- dikte van de top laag (m)
KAQ	- doorlatendheid van de aquifer (m/dag)
KSECO	- doorlatendheid van de semipermeabele laag (m/dag)
KTOP	- doorlatendheid van de top laag (m/dag)
PEXC	- precipitation excess, d.i. neerslagoverschot (m/dag)
PORAQ	- porositeit van de aquifer
PORSECO	- porositeit van de semipermeabele laag
PORTOP	- porositeit van de top laag
RESITOP	- drainageweerstand ( $\text{dag}^{-1}$ )
X-PUT	- x-coördinaat van de plaats van het puttenveld
Y-PUT	- y-coördinaat van de plaats van het puttenveld
VTOP	- de snelheid tgv natuurlijke afstroming in de top laag (m/dag)
VAQ	- de snelheid tgv natuurlijke afstroming in de aquifer (m/dag)
RZERO	- de straal van het puttenveld (m)
QWE ( )	- het onttrokken debiet per put ( $\text{m}^3/\text{dag}$ )
BETAX	- cosinus van de hoek die VTOP en VAQ met elkaar maken.
	VAQ komt uit de x-richting
BETAY	- sinus van de hoek die VTOP met VAQ maakt
HAQPUT	- de stijghoogte in het watervoerende pakket (m)
HTOPPUT	- de stijghoogte in de top laag (m)

De parameters hebben betrekking op:

NSTEPS	= het aantal punten op een stroomlijn dat berekend wordt. Tijdstap tussen twee punten is DIT
NWE	= het aantal punten waaruit onttrokken wordt
NP	= het aantal startpunten van stroomlijnen dat berekend wordt.

## Bijlage V (vervolg 1)

In de uitvoertabel zijn de volgende waarden geschreven:

I	= het nummer van de stroomlijn
J	= het nummer van het punt op de stroomlijn
POTAQV	= de stijghoogte in de aquifer tgv de natuurlijke afstroming (NB deze waarden zijn opgehangen aan HAQPUT)
POTAQ	= de stijghoogte in de aquifer
POTTOPV	= de stijghoogte in de toplaag tgv de natuurlijke afstroming
POTTOP	= de stijghoogte in de toplaag
TEND	= de tijd die het waterdeeltje in de aquifer doorbrengt (TEND = DIT x NSTEPS)
TITOP	= de verblijftijd in de toplaag
TISECO	= de verblijftijd in de semipermeabele laag
TTI	= de totale verblijftijd
x-POS	= de x-coördinaat van het waterdeeltje
y-POS	= de y-coördinaat van het waterdeeltje

In het programma bevinden zich 2 subroutines. De subroutine Ernst berekent de snelheid van een waterdeeltje op punt I en step J. Deze snelheid kan op 2 manieren worden geïntegreerd. DVERK integreert via de methode van Runge-Kutta. Veel eenvoudiger is de integratie in subroutine MOVE. Dit is een stapsgewijze integratie met een aanpassing van de stapgrootte aan het verschil tussen de berekende (oude) en geschatte (nieuwe) positie van het deeltje.

Bijlage V (vervolg 2)

```

DIMENSION POS(2), POSPR(2)
COMMON /SERNST/DUM1,DUM2,DUM3,XIL,XPUT,YPUT,RZERO,
/      B1RONE,VAO,RONE
DATA MAXDIS/0.5/
DELT=TEND-T0
CUMTIM=DELT
10  XCO=POS(1)
    YCO=POS(2)
    CALL ERNST(NE,TO,POS,POSPR)
    VX1=POSPR(1)
    VY1=POSPR(2)
    VMAX=AMAX1(ABS(VX1),ABS(VY1))
    MINT=MAXDIS/VMAX
    DELT=CUMTIM
20  XEST=POS(1)+DELT*VX1
    YEST=POS(2)+DELT*VY1
    POS(1)=XEST
    POS(2)=YEST
    CALL ERNST(NE,TO,POS,POSPR)
    VX2=POSPR(1)
    VY2=POSPR(2)
    INPROD=(VX1*VX2+VY1*VY2)/(VX1*VX1+VY1*VY1)
    IF(INPROD.GT.0.5.AND.INPROD.LT.2.0)GO TO 30
    DELT=0.5*DELT
    IF(DELT.LT.MINT)GO TO 30
    GO TO 20
30  DELT=AMIN1(CUMTIM,DELT)
    POS(1)=XCO+((VX1+VX2)/2.)*DELT
    POS(2)=YCO+((VY1+VY2)/2.)*DELT
    CUMTIM=CUMTIM+DELT
    IF(CUMTIM.EQ.0.)GO TO 40
    GO TO 10
40  RETURN
    END

```

Bijlage V (vervolg 3)

C

```
DATA DIT /1852./,HAQ /./,HSECO /./,HTOP /./,  
/ KAQ /./,KSECO /./,KTOP /./,PEXC /.0008/,  
/ PORAD /.35/,PORSECO /.35/,PORTOP /.35/,  
/ RESITOP /./,XPUT /1./,YPUT /1./,  
/ VTOP /./,VAQ /./,RZERO /5./,QWE(1)/./,  
/ QWE(2) /./,QWE(3) /./QWE(4) /./,  
/ BETAX /./,BETAY /./,HAQPUT/./,HTOPPUT/./
```

C WITH THE NEXT LINE THE OUTPUT FOR THE TERMINAL IS PUT ON A FILE  
OPEN (UNIT=6, TYPE='NEW',NAME='OUTA.DAT')

C EXTERNAL ERNST

PARAMETER (IMAX=4,NSTEPS=5,NWE=4,NP=4,NE=2,PI=3.141593)

```
REAL B0(NP,NSTEPS), B1(NP,NSTEPS),INTIN,INTOUT,KAQ,KSECO,
/   POTAO(NP,NSTEPS),POTTOP(NP,NSTEPS),QWE(NWE),X(NP),Y(NP),
/   POS(2),POSPR(2),POTAQV(NP,NSTEPS),POTTOPV(NP,NSTEPS),
/   KTOP,XPOS(NP,NSTEPS),YPOS(NP,NSTEPS),R(NP,NSTEPS),
/   TITOP(NP,NSTEPS),TISECO(NP,NSTEPS),HPOTTOP(NP,NSTEPS),
/   HPOTAQ(NP,NSTEPS),C(24),W(2,9),TTI(NP,NSTEPS)
```

```
COMMON /BB/   B(558,4),INTIN,INTOUT
COMMON /SERNST/ DUM1,DUM2,DUM3,XIL,XPUT,YPUT,RZERO,B1RONE,VAQ,
/   RONE
```

INCLUDE 'INCV4A9.FOR'

C READING OF THE BESSEL TABLE FROM THE FILE BESSEL30.DAT.

```
OPEN (UNIT=1, TYPE='OLD', NAME='BESSEL30.DAT')
DO K=1,558
  READ (1,25) (b(K,L), L=1,4)
25  FORMAT (1X,E11.4,5X,2(E14.8,5X),E11.3)
END DO
```

C CALCULATION OF Q.

```
Q = 0.
DO J=1,NWE
  Q = Q + QWE(J)
END DO
```

C CALCULATION OF THE MAXIMUM RADIUS FOR THE AREA WITH DRY DRAINAGE  
C CHANNELS (RONE) AND TWO BESSELFUNCTIONS FOR THIS RADIUS (B0RONE  
C AND B1RONE).

```
RESISECO = HSECO/KSECO
XIL = SQRT(KAQ*HAQ*(RESISECO+RESITOP))
INTIN = Q/(PI*PEXC*XIL**2)
IF (INTIN .LT. 0.0289) THEN
  INTIN = 0.0289
  XIL = SQRT(Q/(INTIN*PI*PEXC))
  RESITOP = XIL**2/(KAQ*HAQ) + RESISECO
END IF
CALL INTPOL (4,1)
RONE = INTOUT * XIL
CALL INTPOL (4,2)
B0RONE = INTOUT
CALL INTPOL (4,3)
B1RONE = INTOUT
WRITE (6,45) RONE
45  FORMAT (' RONE      =',F10.0,2X,'METER')
```

C CALCULATION OF THE DUMMY VARIABLES DUM1, DUM2, DUM3.



Bijlage V (vervolg 5)

```
DUM1 = Q/(2*PI*PORAQ*HAQ)
DUM2 = PEXC/(2*PORAQ*HAQ)
DUM3 = (XIL*PEXC)/(PORAQ*HAQ*BORONE)
```

C CONFIGURATIE CALCULATES THE 'COORDINATEN X(I) EN Y(I)  
C OP STRAAL' RZERO.

```
DELPHI = PI/(FLOAT(NP)* 0.5)
DO I = 1, NP
  X(I) = XPUT+RZERO*COS(I*DELPHI)
  Y(I) = YPUT+RZERO*SIN(I*DELPHI)
END DO
```

C PRINTING THE TITLE OF THE OUTPUT TABLE

```
WRITE (6,50)
50 FORMAT(X,' I      J      POTAQV      POTAQ      POTTOPV      POTTOP',
/ '      TAQ      TTOP      TSECO      TTOT',
/ '      X      Y      ' )
```

C CALCULATION OF VR AND TEND=TAQ

```
DO I = 1, NP
  POS(1) = X(I)
  POS(2) = Y(I)
  TO=0
  DO J = 1, NSTEPS
    T0=(J-1)*DIT
    TEND = J*DIT
    TOL = 0.1
    IND = 1
C    CALL DVERK(NE,ERNST,TO,POS,TEND,TOL,IND,C,2,W,IER)
C    CALL MOVE(POS,T0,TEND)
C    IF(IND.LT.0.AND.IER.GT.0)WRITE(5,70)IND,IER
70  FORMAT(2X,'IND = ',I3,2X,'IER = ',I3)
```

C CALCULATION OF R

```
R(I,J) = SQRT ((POS(1)-XPUT)**2 +(POS(2)-YPUT)**2)
```

C CALCULATION OF POTAQV AND POTTOPV BEING THE POTENTIALS  
C IN AQUIFER AND TOP LAYER CAUSED BY VAQ AND VTOP  
C HAQPUT STELT DE STIJGHOOGTE IN HET WATERVOERENDE PAKKET VOOR;  
C HTOPPUT STELT DE STIJGHOOGTE IN DE TOPLAAG VOOR, BETAX IS GELIJK  
C AAN 1. ALS DE RICHTING VAN VAQ DEZELFDE ALS DIE VAN VTOP.

```
POTAQV(I,J)=HAQPUT = PORAQ*VAQ*(POS(1)-XPUT)/KAQ
POTTOPV(I,J)=HTOPPUT = PORTOP*VTOP*(POS(1)-XPUT)*BETAX/
/      KTOP= PORTOP*VTOP*(POS(2)-YPUT)*BETAY/KTOP
```

C CALCULATION OF POTAQ AND POTTOP

```
IF (R(I,J) .LT. RONE) THEN
  HPOTAQ(I,J)= PEXC*(RONE**2-R(I,J)**2) /
/      (4.*KAQ*HAQ) + 0 * ALOG(R(I,J)/RONE)/
/      (2*PI*KAQ*HAQ) = PEXC * (RESITOP+RESISECO)
  HPOTTOP(I,J)= HPOTAQ(I,J) + PEXC*RESISECO
ELSE
  INTIN= R(I,J)/XIL
  CALL INTPOL (1,2)
  B0(I,J)= INTOUT
```

Bijlage V (vervolg 6)

```

      CALL INTPOL (1,3)
      R1(I,J)= INTOUT
      HPOTAQ(I,J)= -PEXC*(RESITOP+RESISECO) *
/      B0(I,J)/B0RONE
      HPOTTOP(I,J)= HPOTAQ(I,J)*RESITOP / (RESITOP+RESISECO)
END IF
      POTAQ(I,J)= HPOTAQ(I,J) + POTAGV(I,J)
      POTTOP(I,J)= HPOTTOP(I,J) + POTTOPV(I,J)

```

C CALCULATION OF TITOP(I,J) AND TISECO(I,J)

```

      TISECO(I,J)=(HSECO*PORSECO*RESISECO)/(POTTOP(I,J)-POTAQ(I,J))
      TITOP(I,J)=(2.*HTOP*RESISECO*PORTOP)/(PEXC*RESISECO+(POTTOP(I,J)-
/      POTAQ(I,J)))
      XPOS(I,J)=POS(1)-TITOP(I,J)*VTOP*BETAX
      YPOS(I,J)=POS(2)+VTOP*BETAY
      TTI(I,J)=TEND + TITOP(I,J) + TISECO(I,J)

```

C CONVERSION OF THE TIMES FROM DAYS TO YEARS.

```

      TTI(I,J)=TTI(I,J)/365.
      TEND=TEND/365.
      TITOP(I,J)=TITOP(I,J)/365.
      TISECO(I,J)=TISECO(I,J)/365.

```

C PRINTING OF THE OUTPUT TABLE

```

      WRITE (6,60)I,J,POTAGV(I,J),POTAQ(I,J),POTTOPV(I,J),
/      POTTOP(I,J),TEND,TITOP(I,J),TISECO(I,J),TTI(I,J),
/      XPOS(I,J),YPOS(I,J)
60      FORMAT (X,I4,X,I4,10(X,F10.2))
      END DO
      END DO
      END

```

SUBROUTINE ERNST (NE,TO,POS,POSPR)

```

      REAL INTIN,INTOUT
      DIMENSION POS(2),POSPR(2)
      COMMON /SERNST/ DUM1,DUM2,DUM3,XIL,XPUT,YPUT,RZERO,B1RONE,
/      VAQ,RONE
      COMMON /BB/ B(558,4),INTIN,INTOUT
      R = SQRT ((POS(1)-XPUT)**2. + (POS(2)-YPUT)**2.)
      COSALF = (POS(1)-XPUT)/R
      SINALF = (POS(2)-YPUT)/R
      IF (R .GE. RONE) THEN
        INTIN = R/XIL
        CALL INTPOL (1,3)
        VR = DUM3*INTOUT
      ELSE
        VR = DUM1/R-R*DUM2
      END IF
      POSPR(1) = (VAQ-VR*COSALF)*-1
      POSPR(2) = (-VR*SINALF)*-1
      RETURN
      END

```

```

      SUBROUTINE HOVE(POS,T0,TEND)
      REAL INPROD,MAXDIS,MINT

```

Bijlage VI. De karakteristieke tijd van de 170 waterwingebieden op zandgrond

De hier afgedrukte tabel geeft een overzicht van de 170 waterwingebieden op zandgrond , naar karakteristieke tijd. De karakteristieke tijd van een waterwinning is de verblijftijd in jaren van de neerslag die infiltreert op 200 m afstand van het puttenveld.

Voorzichtigheid bij het gebruik van de hier vermelde waarden voor de karakteristieke tijd is geboden. Deze waarden zijn in een vroeg stadium van het onderzoek berekend. Inmiddels wordt bij bepaalde winningen met belangrijke afwijkende waarden gewerkt.

	GEMEENTE-WINPLAATS	SOORT WINNING	KAR.TIJD
1-1	HAREN-IDEM	WFA1W1	1198
1-2A	HAREN-DE PUNT	WF	0
2-1	RODEN-NIETAP	A1W1	240
2-2	HAREN-ONNEN	WFA1W1	30
2-3	ZUIDLAREN-DE GROEVE	WF	0
2-4	VLAGTWEDDE-SELLINGEN	WF(A1W1)	363
3-6	TIETJERKST.-NOORDBERGUM	A1W1	67
3-7	DOHIAWERSTAL-SPANNENBURG	WFA1W1	43
3-8	WESTSTELLINGW.-OLDEHOLTPADE	A1W1	221
3-9	OOSTSTELLINGW.-TERWISCHA	WF	1
4-1	ZUIDLAREN-IDEM	A1W1	391
4-2	NORG-IDEM	WF	0
4-4	ASSEN-IDEM	A1W1(A2W2)	61
4-5	BEILEN-IDEM	A1W1	51
4-6	GASSELTE-IDEM	A1W1	107
4-7	DWINGELO-LEGGELO	WFA1W1	312
4-8	RUINERHOLD-IDEM	WF	2
4-9	ZUIDWOLDE-OOSTERWEG	WFA1W1	349
4-10	EMMEN-VALTHERBOS	WFA1W1	47
4-11	EMMEN-NOORD-BARGERES	WFA1W1	41
5-1	DALEN-IDEM (DE LOO)	WF	2
6-1	HOUGEVEEN-IDEM	WFA1W1	72
7-1	OLDEBROEK-WEZEP	WF	0
9-1	HAVELTE-MEPPEL	A1W1	89
9-1A	HAVELTE-HAVELTERBERG	WFA1W1	18
9-2	BREDERWIEDE-ST.JANSKL.	A1..W2	618
9-3	STAPHORST-IDEM	WFA1W1	193
9-4	OMMEM-WITHAREN	WF(A1W1)	1
9-5	HARDENBERG-BRUCHT	WFA1W1	22
9-6	OMMEN-ARCHERHERBERG	WFA1W1	118
9-7	WIJHE-BOERHAAR	WF(A1W1)	2
9-8	DIEPENVEEN-OLST	WFA1W1	91
9-9A	HOLTEN-ESPELOSE BROEK	WFA1W1(A2W2)	84
9-10	HOLTEN-IDEM	WF	3
9-11	HELLENDOORN-NIJVERDAL	WFA1W1	97
9-13	WIERDEN-HOGE HEKSEL	WF(A1W1)	1
9-14	TUBBERGEN-MANDERVEEN	WFA1W1	49
9-14A	TUBBERGEN-MANDERHEIDE	WFA1W1	37
9-15	TUBBERGEN-VASSERHEIDE	WFA1W1	167
9-16	DENEKAMP-IDEM	WFA1W1	60
9-17	WEERSELO-LEMSELO	A1W1	467
9-18	HENGELO-HASSELO	WF	2
9-19	GOOR-IDEM	WFA1W1	82
9-20	MARKELO-HERIKERBERG	WF	1
10-1	DEVENTER-CEINTUURBAAN	WFA1W1	123
10-2	DEVENTER-ZUTPHENSEWEG	WFA1W1	821
11-1	WIERDEN-IDEM	WFA1W1	42
12-1	OLDENZAAL-IDEM	WFA1W1	22
13-1	HENGELO-WATERTORENLAAN	WF	2
14-1	ENSCHDE-KOTMANLAAN	WFA1W1	1449
14-2	ENSCHDE-LOSSER	WFA1..W2	182
14-3	ENSCHDE-WEERSELOSEWEG	WF	0
15-3	NEEDE-NOORDIJKERVELD	A1W1	23
15-4	BORCULO-HAARLO	WFA1W1	103
15-4A	EIBERGEN-OLDEN EIBERGEN	WF	1

	GEEMEENTE-WINPLAATS	SOORT WINNING	KAR.TIJD
1-1	HAREN-IDEM	WFA1W1	1198
1-2A	HAREN-DE PUNT	WF	0
2-1	RODEN-NIETAP	A1W1	240
2-2	HAREN-ONNEN	WFA1W1	30
2-3	ZUIDLAREN-DE GROEVE	WF	0
2-4	VLAGTWEDDE-SELLINGEN	WF(A1W1)	363
3-6	TIETJERKST.-NOORDBERGUM	A1W1	67
3-7	DOHIAWERSTAL-SPANNENBURG	WFA1W1	43
3-8	WESTSTELLINGH.-OLDEHOLTPADE	A1W1	221
3-9	OOSTSTELLINGH.-TERWISCHA	WF	1
4-1	ZUIDLAREN-IDEM	A1W1	391
4-2	NORG-IDEM	WF	0
4-4	ASSEN-IDEM	A1W1(A2W2)	61
4-5	BEILEN-IDEM	A1W1	51
4-6	GASSELTE-IDEM	A1W1	107
4-7	DWINGELO-LEGGELO	WFA1W1	312
4-8	RUINERWOLD-IDEM	WF	2
4-9	ZUIDWOLDE-OOSTERWEG	WFA1W1	349
4-10	EMMEN-VALTHERBOS	WFA1W1	47
4-11	EMMEN-NOORD-BARGERES	WFA1W1	41
5-1	DALEN-IDEM (DE LOO)	WF	2
6-1	HOOGEVEEN-IDEM	WFA1W1	72
7-1	OLDEBROEK-WEZEP	WF	0
9-1	HAVELTE-MEPPEL	A1W1	89
9-1A	HAVELTE-HAVELTERBERG	WFA1W1	18
9-2	BREDERWIEDE-ST. JANSKL.	A1..W2	618
9-3	STAPHORST-IDEM	WFA1W1	193
9-4	OMMEN-WITHAREN	WF(A1W1)	1
9-5	HARDENBERG-BRUCHT	WFA1W1	22
9-6	OMMEN-ARCHERHERBERG	WFA1W1	118
9-7	WIJHE-BOERHAAR	WF(A1W1)	2
9-8	DIEPENVEEN-OLST	WFA1W1	91
9-9A	HOLTEN-ESPELOSE BROEK	WFA1W1(A2W2)	84
9-10	HOLTEN-IDEM	WF	3
9-11	HELLENDORP-NIJVERDAL	WFA1W1	97
9-13	WIERDEN-HOGE HEKSEL	WF(A1W1)	1
9-14	TUBBERGEN-MANDERVEEN	WFA1W1	49
9-14A	TUBBERGEN-MANDERHEIDE	WFA1W1	37
9-15	TUBBERGEN-VASSERHEIDE	WFA1W1	167
9-16	DENEKAMP-IDEM	WFA1W1	60
9-17	WEERSELO-LEMSELO	A1W1	467
9-18	HENGELO-HASSELO	WF	2
9-19	GOOR-IDEM	WFA1W1	82
9-20	MARKELO-HERIKERBERG	WF	1
10-1	DEVENTER-CEINTUURBAAN	WFA1W1	123
10-2	DEVENTER-ZUTPHENSEWEG	WFA1W1	821
11-1	WIERDEN-IDEM	WFA1W1	42
12-1	OLDENZAAL-IDEM	WFA1W1	22
13-1	HENGELO-WATERTORENLAAN	WF	2
14-1	ENSCHDEDE-KOTMANLAAN	WFA1W1	1449
14-2	ENSCHDEDE-LOSSER	WFA1..W2	182
14-3	ENSCHDEDE-WEERSELOSEWEG	WF	0
15-3	NEEDE-NOORDIJKERVELD	A1W1	23
15-4	BORCULO-HAARLO	WFA1W1	103
15-4A	EIBERGEN-OLDEN EIBERGEN	WF	1

Bijlage VI (vervolg 2)

15-5	RUURLO-IDEN	WF	2
15-6	LOCHEM-IDEN	WF	0
15-7	VORDEN-IDEN	WF	0
15-8	GORSSSEL-HARFSEN	WF	2
15-9	GORSSSEL-JOPPE (NOGBUS)	WF	2
15-10	ZUTPHEN-DE VIERAKKER	A1W1	573
15-11	HENGEL0 (GLD)-OT KLOOSTER	WF	1
15-12	HENGEL0 (GLD)-OLDE KASTE	WF	0
15-14	BERGH-GALGENBERG, V. HECK	WF	0
15-15	DOETINCHEM-DE POL	WF	1
15-17	LICHTENVOORDE-IDEM	WF	1
15-19	DINXPERLOO-IDEM	WF	1
11-1	RHEDEN-DIEREN, ELLECOM	WF	1
16-1	WINTERSWIJK-CORLE	NFA1W1	119
17-1	BRUMHEN-EERBEEK	WF	6
17-2	VOORST-TWELLO	NFA1W1	26
17-3	EPE-DELLENWEG	WF	2
17-4	ELBURG-IDEM	WF	4
17-5	ELBURG-DOORNSPIJK	WF	1
17-6	HARDERWIJK-IDEM	WF	3
17-7	ERMELO-SPEULD	NFA1W1	904
17-8	PUTTEN-IDEM	WF	3
17-10	NIJKERK-HOLK	NFA1..W3	351
17-20	ELST-LENT	A1..W2	476
17-21	GROESBEEK-HUNTBERG	WF	5
18-1	NIJMEGEN-MARKTSTRAAT	WF	2
18-2	NIJM.-HEUMENSOORD I EN II	WF	0
20-1	APELDOORN-HOOG SOEREN	WF	0
20-2	APELDOORN-AMERSFOORTSEWEG	WF	1
20-3	APELDOORN-HOENDERLOO	WF	0
20-4	APELDOORN-LOENEN	WF	2
20-5	EDE-EDESCHE BOS	WF	0
20-7	WAGENINGEN-WAG. BERG	NFA1W1	100
21-1	ROZENDAAL-PINKENBERG	WF(A1W1)	1
22-1	ARNHEM-LA CABINE	NFA1W1	90
23-1	RENKUM-HEELSUM	WF	1
23-2	RENKUM-OOSTERBEEK	WF	3
25-1	AMERSFOORT-HOGE WEG	NFA1W1	58
25-2	AMERSFOORT-BERG	WF(A1W1)	1
26-1	RHENEN-LIJSTERENG	NFA1W1	83
27-1	DOORN-IDEM	NFA1W1	59
29-1	WOUDENBERG-IDEM	NFA1W1	363
29-2	VEENENDAAL-IDEM	WF	4
29-3	LEERSUM-AMERONGEN	NFA1W1	49
29-11	DRIEBERGEN-IDEM	NFA1W1(A2W2)	97
29-12	ZEIST-ZEIST	NFA1W1	63
29-13	DE BILT-BEERSCHOTEN	NFA1W1(A2W2)	69
29-14	BILTHOVEN-IDEM	WF	3
29-15	MAARTENSDIJK-GROENEGAN	A1..W2	80
29-16	SOEST-SOESTDUINEN	WF	1
29-17	SOEST-IDEM	WF	5
29-18	BAARN-LAGE VUURSCHÉ	WF	0
29-19	LOOSDRECHT-IDEM/HILVERSUM	WF(A1W1)	1
29-	BAARN-REENENLAAN	WF	1
29-20	BAARN-SOPHIALAAN	NFA1W1	582
29-21	LAREN-HILVERSUMSEWEG	WF	1
32-6A	LAREN-LAARDERHOOGT	WF	2
32-6B	HUIZEN-IDEM	WF	0
32-	BUSSUM-RANDWEG	WF	3

Bijlage VI (vervolg 3)

32-7	BUSSUM-GRINDWEG	WF	3
34-1	HILVERSUM-WESTERVELD	WF	4
77-3	HALSTEREN-IDEM	WFA1W1(A2W2)	49
77-4	WOENSORECHT-HUYBERGEN	WFA1W1	22
77-5	OSSENDRECHT-IDEM	WFA1W1	22
77-7	HULST-CLINGE, ST. JANSTEEN	WF, OPP. INF.	0
79-1	BERGEN OP Z.-MONDAF, LIEV.	WFA1W1	17
80-1	ROOSEND./NISPEN-BORTELDONK	WFA1W1(A2W2)	64
81-1	OOSTERHOUT-DORST	A1..W2	203
81-2	BREDA-GINNEKEN	A1W1	1604
82-1	WOUD-ALTENA	A1W1(A2W2)	8
82-2	RUCPHEN-SCHIJF	WFA1W1(A2W2)	173
82-3	HOEVEN-SEPPE	WF..A2W2	143
82-6	GILZE RIJEN-IDEM	A1W1	320
82-7	GILZE RIJEN-PRINSENROSC	WF..A2W2	1710
82-8	OOSTERHOUT-IDEM	WF..A2W2	383
83-1	WAALWIJK-IDEM	A1W1	239
84-1	TILBURG-GILZERBAAN	WF(A1W1A2W2)	0
85-1	NULAND-IDEM	WF..A2W2	175
88-1	VLIJNEN-IDEM	A1W1	242
88-1A	HELVOIRT-IDEM	WFA1W1	86
88-2	HAAREN-IDEM	WFA1W1	144
88-3	VESSEM-IDEM	A1W1	203
88-4	DIRSCHOT-IDEM	WFA1..W2	234
88-8	HEESCH-LOOSBROEK	A1W1A2W2	596
88-9	SCHIJNDEL-IDEM	A1..A2W2	174
88-10	SON EN BREUGEL-SON	A1..A2W2	936
88-11	VEGHEL-IDEM	A1..A2W2	132
88-12	LIESHOUT-IDEM	WFA1..W2	169
88-13	BOXMEER-IDEM	A1W1	201
88-14	VIERLINGSBEEK-IDEM	A1W1	127
88-15	BUDEL-BUDEL	A1W1	311
88-16	DEURNE-VLIERDEN	A1W1	407
88-17	SOMEREN-IDEM	A1..W2(A3W3)	801
89-1	EINDHOVEN-AALSTERWEG	WF(A1W1)	0
89-1A	GELDROP-GROTE HEIDE	WFA1W1	0
92-1	HELMOND-IDEM	WF	1
94-2	MOOK-PLASMOLLEN	A1W1	120
94-3	ARCEN/VELDEN-HANIK	WF..A2W2	686
94-4	BERGEN-IDEM	A1W1	49
94-5	VENRAY-DOSTRUM	WF	2
94-6	VENRAY-BREEHEI	WFA1W1	104
94-7	GRUBBENVORST-LOTTUM	WFA1W1	31
94-8	GRUBBENVORST-CALIFORNIE	A1W1(A2W2)	168
94-11	BEEGDEN-IDEM	A1W1(A2W2)	6
94-12	HELDEN-IDEM	WF	0
94-13	NEDERWEERT-OSPEL	A1W1(A2W2)	383
94-16	BEESEL-REUVER	WF	3
94-17	ECHT-PEY	WFA1W1(A2W2)	96
94-18	MELICK/HERK.-VLODROP	WFA1W1(A2W2)	595
94-19	SUSTEREN-NIEUWSTAD	WF(A1W1)	0
95-1	WEERT-GRAAFSCHAP HORNELAAN	WFA1W1(A2W2)	106
96-1	VENLO-GROTE HEIDE	WFA1W1(A2W2)	42
97-1	TEGELEN-IDEM	WFA1W1	200
98-1	SWALMEN-IDEM	WF	16
98-2	HERTEN-IDEM	WF	1

Bijlage VII. De resultaten van berekeningen met het programma NIMVNAT

De volgende tabellen bevatten gegevens en resultaten van berekeningen met waterwingebied Zuidwolde-Oosterweg.  
Deze gegevens zijn in Figuur 10, 11 en 12 verwerkt.



C 4-9 ZUIDWOLDE -00STEPMEG

DATA UIT /185. /HAA /110. /HSECO /15. /HTOP /45. /,  
 KAO /15.0. /KSECO /1003. /KTOP /55.5. /PEXC /1.0008 /,  
 PORAO /1.35. /PORSECO /1.35. /PORTOP /1.35. /,  
 RESITOP /590. /XPUT /0. /YPUT /0. /,  
 VTOP /0.0. /VAO /-0.04. /RZERO /0.5. /QWE(1) /350. /,  
 QWE(2) /350. /QWE(3) /350. /QWE(4) /350. /,  
 BETAX /1.94. /BETAY /1.34. /HAGPUT /5.5. /HTOPPUT /6.5. /

C WITH THE NEXT LINE THE OUTPUT FOR THE TERMINAL IS PUT ON A FILE  
 OPEN (UNIT=6, TYPE='NEW', NAME='OUT4A9.DAT')

ROUTE	W. METER	POTAGV	POTAG	POTOPV	POTOP1	TAU	TOP	TSECO	TTOT	X	Y
1	1	5.32	4.93	6.50	6.44	0.51	78.29	47.58	126.38	16.43	40.72
1	1	5.53	5.06	6.50	6.44	1.01	79.24	49.74	129.99	31.94	58.88
1	3	5.54	5.04	6.50	6.45	1.52	79.86	51.25	132.64	46.55	71.20
1	4	5.56	5.08	6.50	6.45	2.03	80.36	52.52	134.91	60.56	80.72
1	5	5.57	5.11	6.50	6.45	2.53	80.80	53.65	136.99	74.11	88.53
2	1	5.47	4.85	6.50	6.44	0.51	77.28	45.41	123.20	-37.00	0.00
2	2	5.45	4.89	6.50	6.44	1.01	77.70	46.30	125.01	-53.41	0.00
2	3	5.44	4.90	6.50	6.44	1.52	77.88	46.69	126.09	-64.36	0.00
2	4	5.43	4.91	6.50	6.45	2.03	77.98	46.90	126.91	-72.67	0.00
2	5	5.43	4.92	6.50	6.45	2.53	78.05	47.04	127.62	-79.41	0.00
3	1	5.52	4.93	6.50	6.44	0.51	78.29	47.58	126.38	16.43	-40.72
3	2	5.53	5.00	6.50	6.44	1.01	79.24	49.74	129.99	31.94	-58.88
3	3	5.54	5.04	6.50	6.45	1.52	79.86	51.25	132.64	46.55	-71.20
3	4	5.56	5.08	6.50	6.45	2.03	80.36	52.52	134.91	60.56	-80.72
3	5	5.57	5.11	6.50	6.45	2.53	80.80	53.65	136.99	74.11	-88.53
4	1	5.54	4.97	6.50	6.44	0.51	78.88	48.90	128.28	48.12	0.00
4	2	5.57	5.05	6.50	6.45	1.01	79.98	51.55	132.54	73.64	0.00
4	3	5.59	5.10	6.50	6.45	1.52	80.71	53.41	135.63	93.98	0.00
4	4	5.60	5.14	6.50	6.45	2.03	81.28	54.94	138.25	111.84	0.00
4	5	5.62	5.18	6.50	6.45	2.53	81.77	56.31	140.61	128.28	0.00

## Bijlage VII (vervolg 2)

[illegible]

C 4-9 ZUIDWOLDE - OOSTERHEG

/ DATA DIT /185.0 /,HAO /110./,HSECD /15./,HTOP /45./,  
/ KAU /15.0/,KSECD /,WMS/,KTOP /55.5/,PEXC /,F108/,  
/ PORAD /,35./,PORSECD /,35./,PORTOP /,35./,  
/ RESITOP /590./,XPUT /0./,YPUT /0./,  
/ VTUP /-0.11/,VAD /6.0/,KZERO/0.5/,UWE(1)/350./,  
/ OWE(2) /350./,OWE(3) /350./,OWE(4) /350./,  
/ BETAX /.94/,DETAY /.34/,HAOPUT/5.5/,HTOPPUT/6.5/

C WITH THE NEXT LINE THE OUTPUT FOR THE TERMINAL IS PUT ON A FILE  
OPEN (UNIT=6, TYPE='NEW', NAME='OUT149.DAT')

ROME	J	POTAGV	POTAG	POTTOPV	POTTOP'	TAU	TTOP	TSECD	TTOT	X	Y
1	1	5.50	4.90	6.51	6.45	0.51	77.85	46.62	124.97	2938.16	42.02
1	2	5.50	4.96	6.51	6.46	1.01	78.49	46.03	127.53	2962.34	63.06
1	3	5.50	4.99	6.52	6.46	1.52	78.82	48.76	129.10	2974.61	78.31
1	4	5.50	5.01	6.52	6.47	2.03	79.04	49.28	130.34	2982.96	90.96
1	5	5.50	5.03	6.52	6.47	2.53	79.20	49.65	131.38	2989.00	102.08
2	1	5.50	4.90	6.47	6.41	0.51	78.38	47.77	126.66	2916.04	-0.04
2	2	5.50	4.96	6.46	6.40	1.01	79.30	49.89	130.20	2929.75	-0.04
2	3	5.50	4.99	6.45	6.40	1.52	79.83	51.18	132.53	2934.54	-0.04
2	4	5.50	5.01	6.44	6.39	2.03	80.23	52.17	134.42	2936.76	-0.04
2	5	5.50	5.03	6.43	6.38	2.53	80.54	52.97	136.04	2937.46	-0.04
3	1	5.50	4.90	6.49	6.43	0.51	78.13	47.22	125.86	2946.72	-42.09
3	2	5.50	4.96	6.49	6.43	1.01	78.92	49.00	128.93	2978.47	-63.13
3	3	5.50	4.99	6.48	6.43	1.52	79.35	50.02	130.89	2994.02	-78.38
3	4	5.50	5.01	6.48	6.43	2.03	79.66	50.77	132.46	3006.63	-91.06
3	5	5.50	5.03	6.48	6.43	2.53	79.90	51.36	133.80	3015.66	-102.15
4	1	5.50	4.90	6.53	6.46	0.51	77.61	46.09	124.21	2970.97	-0.04
4	2	5.50	4.96	6.54	6.48	1.01	78.12	47.24	126.33	3011.35	-0.04
4	3	5.50	4.99	6.55	6.50	1.52	78.35	47.71	127.58	3035.34	-0.04
4	4	5.50	5.01	6.56	6.51	2.03	78.49	48.03	128.55	3053.44	-0.04
4	5	5.50	5.03	6.57	6.52	2.53	78.58	48.23	129.35	3067.97	-0.04